ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUIN 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NAVIGATION. — *Résolution des problèmes de hauteur à la mer par la réduction à l'équateur. Nouvelles Tables de navigation.* Note de M. E. Guyou.

Les problèmes de hauteur sont définis, sur la sphère terrestre, par un cercle de hauteur et un point estimé situé sur le cercle ou dans son voisinage, et le lieu géométrique qu'il s'agit de déduire de ces données est une tangente à la courbe qui représente sur la carte le cercle de hauteur, menée par un point de cette courbe situé dans le voisinage du point estimé.

Ces problèmes ont toujours été considérés jusqu'ici comme indépendants les uns des autres et traités comme tels; en réalité, ils peuvent être classés par groupes composés de cas susceptibles de solutions identiques. J'ai montré, en effet, que toute courbe de hauteur, déplacée sur la carte parallèlement à elle-même, continue à représenter un cercle de la sphère dans toutes les positions où elle peut ainsi être amenée. Il en résulte que la figure formée sur la carte par une courbe de hauteur et un point estimé, déplacée de la même manière, continue à représenter sur la sphère des figures définissant des problèmes de hauteur. Ces problèmes, étant définis sur la carte par des figures identiques, admettent évidemment des solutions identiques.

Si l'on désigne par H (hauteur), D (déclinaison), L_e et P_e (latitude et angle horaire au point estimé), les données d'un problème de hauteur, celles des problèmes admettant des solutions identiques sont comprises dans

les formules générales

$$\cot\frac{H+D}{2}\tan\!\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right)=\text{const.},$$

$$\frac{\cot\frac{H-D}{2}}{\tan\!\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right)}=\text{const.},$$

$$P_e=\text{const.}$$

Tout système de valeur de H, D, L_e, P_e, satisfaisant à ces équations, où les constantes sont supposées déterminées d'après les données du problème à résoudre, pourra être substitué à ces dernières dans les calculs et la solution obtenue conviendra au problème proposé.

Or, parmi les problèmes auxquels peut conduire cette substitution de données, il en est plusieurs qui sont particulièrement simples.

Ces problèmes appartiennent à deux catégories, correspondant respectivement aux cas où la figure de la carte est placée de manière que, soit le parallèle du point estimé, soit le parallèle moyen de la courbe de hauteur coïncide avec l'équateur de la carte. La résolution de tous ces problèmes est ramenée à celle d'un triangle rectangle. Toutefois, pour ceux de la deuxième catégorie, c'est-à-dire pour les cas où le parallèle moyen est amené sur l'équateur, les formules de résolution sont variables et n'offrent par suite aucun intérêt pour la pratique.

Les problèmes de la première catégorie au contraire se résolvent par des formules très simples et très générales. En désignant par H′, D′, L′ les données auxiliaires à substituer aux données réelles du problème, on a en effet, par application des formules générales

$$(1)\quad \begin{cases} \cot\dfrac{H'+D'}{2}=\cot\dfrac{H+D}{2}\tan\!\left(45^\circ+\dfrac{L_e}{2}\right), \\[2ex] \cot\dfrac{H'-D'}{2}=\dfrac{\cot\frac{H-D}{2}}{\tan\left(45^\circ+\frac{L_e}{2}\right)}, \end{cases}$$

$$L'_e=0,\qquad P'_e=P_e.$$

Les éléments du tracé de la droite de hauteur peuvent ensuite être calculés par l'un des deux systèmes

$$(2)\quad \begin{cases} \cos P'=\dfrac{\sin H'}{\cos D'}, \\[2ex] \cos Z'=\dfrac{\sin D'}{\cos H'}, \end{cases}$$

ou

(3) $$\begin{cases} \sin H'_e = \cos D' \cos P'_e, \\ \operatorname{tang} L'_e = \sin P'_e \cot D', \end{cases}$$

avec

$$P'_e = P_e.$$

La solution des formules (2), dont le point déterminatif est situé sur le parallèle estimé [1], est inapplicable dans le voisinage du méridien; celle des formules (3) correspond à la solution Marcq de Saint-Hilaire; elle est applicable dans tous les cas et présente sur cette dernière l'avantage d'être affranchie d'erreurs du second ordre qui ne sont pas toujours négligeables dans la pratique.

Au point de vue de la précision, la solution donnée par les formules (1) et (3) est supérieure à toutes celles qui ont été appliquées jusqu'à ce jour, mais la résolution directe de ces formules par les Tables trigonométriques exigerait des calculs plus longs que les formules usuelles, et le bénéfice de précision ne suffirait pas à compenser cet inconvénient.

Mais si l'on se place au point de vue de la réalisation d'une solution tabulaire, la question change complètement d'aspect. Les formules (1) et (3) sont immédiatement réductibles en Tables simples à deux arguments. Une première Table donne les valeurs de H′ et D′ à substituer à H et D pour une latitude donnée L; cette première opération constitue la *réduction du problème à l'équateur*.

Une deuxième Table donne les valeurs de H'_c et Z'_c en fonction de D′ et P′. On en déduit la distance $H' - H'_c$ du point estimé à la droite de hauteur.

---

(1) Les formules (2) peuvent encore s'écrire ainsi

(2) $$\begin{cases} \cot^2 \dfrac{P}{2} = \operatorname{tang}\left(45° + \dfrac{H' - D'}{2}\right) \operatorname{tang}\left(45° + \dfrac{H' + D'}{2}\right), \\ \cot^2 \dfrac{Z}{2} = \dfrac{\operatorname{tang}\left(45° + \dfrac{H' + D'}{2}\right)}{\operatorname{tang}\left(45° + \dfrac{H' - D'}{2}\right)}. \end{cases}$$

Les formules (1) ainsi que ces dernières peuvent être traitées avec les petites Tables dites de *latitudes croissantes*, calculées pour dresser la Carte marine. J'ai indiqué cette solution en 1884 (*Tables de poche*), puis en 1896 (*Les Problèmes de Navigation et la Carte marine*) avec une autre solution du même genre. La solution tabulaire nouvelle des formules (1) et (3) est en quelque sorte le résultat de la mise au point définitive de mes travaux sur les courbes de hauteur.

C'est sur ces principes qu'ont été construites les nouvelles *Tables de Navigation* que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. La précision de ces Tables est d'environ $0',1$; elle est donc plutôt excessive pour les besoins de la pratique; les entrées tabulaires sont réduites à deux, une dans chaque Table; enfin, les opérations arithmétiques et les règles à suivre sont très simples. Il est donc permis d'espérer que les marins trouveront dans ce nouveau recueil des commodités nouvelles et non sans importance pour déterminer la position du navire en mer.

OPTIQUE. — *Calcul de l'absorption dans les cristaux translucides, pour les systèmes d'ondes planes latéralement indéfinies.* Note de M. J. **Boussinesq**.

I. L'éther des corps homogènes hétérotropes transparents a, comme on sait, les équations de ses petits mouvements, dans un système quelconque de coordonnées rectangulaires x, y, z, de la forme

$$(1)\quad \begin{cases} a\xi'' + f\eta'' + e\zeta'' = \Delta_2\xi - \dfrac{d\theta}{dx}, \\ f\xi'' + b\eta'' + d\zeta'' = \Delta_2\eta - \dfrac{d\theta}{dy}, \\ e\xi'' + d\eta'' + c\zeta'' = \Delta_2\zeta - \dfrac{d\theta}{dz}, \end{cases}$$

où ξ, η, ζ désignent les trois composantes de son déplacement élastique, ξ'', η'', ζ'' les trois accélérations correspondantes, dérivées secondes de ξ, η, ζ par rapport au temps t, et a, b, c, d, e, f six coefficients spécifiques, dont les trois premiers sont *essentiellement* positifs, à l'exclusion des autres d, e, f, qui s'annuleraient même pour un certain système d'axes.

Mais quand le corps est seulement *translucide*, ou *presque* transparent, de petites résistances proportionnelles aux vitesses ξ', η', ζ' et dues surtout à certaines de ses molécules, résistances ayant pour composantes suivant les x, y, z les dérivées respectives en ξ', η', ζ' d'un même sextinome homogène du second degré par rapport à ces trois vitesses, s'adjoignent aux seconds membres. Elles admettent d'ailleurs un système principal d'axes de symétrie (généralement distinct de celui pour lequel d, e, f s'annulent), tel que le sextinome s'y réduit aux trois termes respectifs en ξ'^2, η'^2, ζ'^2, où figurent trois petits coefficients négatifs $-a'$, $-b'$, $-c'$. Adoptons précisément ce système d'axes; et, en transposant dans les premiers membres les nouveaux termes dont il s'agit, nous aurons les équations de

mouvement à considérer ici :

$$(2)\quad\left\{\begin{aligned} &a\xi'' + 2a'\xi' + f\eta'' + e\zeta'' = \Delta_2\xi - \frac{d\theta}{dx},\\ &f\xi'' + b\eta'' + 2b'\eta' + d\zeta'' = \Delta_2\eta - \frac{d\theta}{dy},\\ &e\xi'' + d\eta'' + c\zeta'' + 2c'\zeta' = \Delta_2\zeta - \frac{d\theta}{dz}.\end{aligned}\right.$$

II. Il est clair que, dans toutes les solutions symboliques où le temps t ne figurera que par un facteur de la forme $e^{kt\sqrt{-1}}$, avec k constant, et, par suite, dans les mouvements pendulaires *effectifs* qu'exprimera la superposition de telles intégrales (*conjuguées*), les dérivées premières ξ', η', ζ' seront les quotients de ξ'', η'', ζ'' par $k\sqrt{-1}$, ou leurs produits par $-\frac{\sqrt{-1}}{k}$; en sorte que les nouveaux termes se réduiront avec trois des anciens et ramèneront le type (2) au type (1), mais dans lequel a, b, c se trouveront remplacés par les nouveaux coefficients, à petites parties imaginaires,

$$(3)\qquad A = a - 2\frac{a'}{k}\sqrt{-1},\qquad B = b - 2\frac{b'}{k}\sqrt{-1},\qquad C = c - 2\frac{c'}{k}\sqrt{-1}.$$

On pourra donc appliquer au type (2), du moins pour les solutions symboliques considérées, le mode d'intégration par ondes planes latéralement indéfinies, bien connu, que comporte le type (1).

III. Ce mode consiste, en appelant α, β, γ les cosinus directeurs de la normale aux ondes, ω leur vitesse de propagation, l, m, n (pour abréger) les trois paramètres $\frac{(\alpha, \beta, \gamma)}{\omega}$, l', m', n' les cosinus directeurs constants de la vibration, enfin, I un coefficient d'amplitude, supposé d'abord constant aussi, à poser, par exemple,

$$(4)\qquad (\xi, \eta, \zeta) = (l', m', n')\,\mathrm{I}\,e^{k(t-lx-my-nz)\sqrt{-1}}.$$

Substituées dans (1), ces expressions de ξ, η, ζ donnent après suppression des facteurs communs, en transposant d'ailleurs aux premiers membres tous les termes des seconds,

$$(5)\quad \varphi l' + \chi m' + \psi n' = 0,\qquad \varphi_1 l' + \chi_1 m' + \psi_1 n' = 0,\qquad \varphi_2 l' + \chi_2 m' + \psi_2 n' = 0,$$

où $\varphi, \chi, \psi, \varphi_1, \chi_1, \psi_1, \varphi_2, \chi_2, \psi_2$ représentent les polynomes du second

degré en l, m, n,

$$(6)\qquad \begin{array}{lll} \varphi=-(l^2+m^2+n^2)+l^2+\mathrm{a}, & \chi=lm+\mathrm{f}, & \psi=nl+\mathrm{e},\\ \varphi_1=lm+\mathrm{f}, & \chi_1=-(l^2+m^2+n^2)+m^2+\mathrm{b}, & \psi_1=mn+\mathrm{d},\\ \varphi_2=nl+\mathrm{e}, & \chi_2=mn+\mathrm{d}, & \psi_2=-(l^2+m^2+n^2)+n^2+\mathrm{c}. \end{array}$$

La compatibilité des équations (5) exige l'annulation du déterminant des neuf éléments $\varphi, \chi, \psi, \varphi_1, \chi_1, \psi_1, \varphi_2, \chi_2, \psi_2$, fonction *paire* du sixième degré en l, m, n, que nous appellerons $F(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, l, m, n)$. On a donc, pour déterminer la vitesse ω des ondes, l'équation

$$(7)\qquad F(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, l, m, n)=0;$$

après quoi deux quelconques des relations (5) font connaître les cosinus directeurs l', m', n' de la vibration par leurs rapports mutuels.

IV. Ici où les imaginaires A, B, C remplaceront a, b, c, il sera nécessaire de substituer aux paramètres réels l, m, n, l', m', n', des paramètres imaginaires L, M, N, L′, M′, N′, ou de donner à la solution (4) la forme

$$(8)\qquad (\xi, \eta, \zeta)=(\mathrm{L}', \mathrm{M}', \mathrm{N}')\,\mathrm{I}\,e^{k(t-\mathrm{L}x-\mathrm{M}y-\mathrm{N}z)\sqrt{-1}}.$$

Nous appellerons toujours l, m, n les parties réelles de L, M, N, produits d'un facteur positif $\frac{1}{\omega}$ par trois cosinus directeurs α, β, γ, qu'on verra être encore ceux de la normale aux ondes; et, de même, nous prendrons comme parties imaginaires de L, M, N, au facteur près $\sqrt{-1}$, les produits d'un petit coefficient négatif $-h$ (de l'ordre de a′, b′, c′) par trois cosinus directeurs λ, μ, ν, qu'on reconnaîtra être ceux de la normale à la face d'entrée du corps translucide, menée vers l'intérieur. Nous aurons, par conséquent,

$$(9)\qquad (\mathrm{L}, \mathrm{M}, \mathrm{N})=(l, m, n)-h(\lambda, \mu, \nu)\sqrt{-1}=\frac{(\alpha, \beta, \gamma)}{\omega}-h(\lambda, \mu, \nu)\sqrt{-1}.$$

Les relations (5) et (6) contiendront ainsi L′, M′, N′, au lieu de l', m', n', et A, B, C, L, M, N, au lieu de a, b, c, l, m, n; en sorte que la condition de compatibilité (7) deviendra $F(\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C}, \mathrm{L}, \mathrm{M}, \mathrm{N})=0$, ou bien, vu (3), (9), et eu égard à l'extrême petitesse de a′, b′, c′, h,

$$F(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, l, m, n)-\frac{2}{k}\left(\frac{dF}{d\mathrm{a}}\mathrm{a}'+\frac{dF}{d\mathrm{b}}\mathrm{b}'+\frac{dF}{d\mathrm{c}}\mathrm{c}'\right)\sqrt{-1}$$
$$-h\left(\frac{dF}{dl}\lambda+\frac{dF}{dm}\mu+\frac{dF}{dn}\nu\right)\sqrt{-1}=0.$$

Le dédoublement, dans celle-ci, du réel et de l'imaginaire, donnera

d'abord l'équation (7) ou, par suite, la même valeur de ω que pour le milieu transparent chez lequel a′, b′, c′ seraient nuls, et, de plus, l'équation en h :

$$(10) \qquad h\left(\frac{dF}{dl}\lambda + \frac{dF}{dm}\mu + \frac{dF}{dn}\nu\right) = -\frac{1}{k}\left(2\frac{dF}{da}a' + 2\frac{dF}{db}b' + 2\frac{dF}{dc}c'\right).$$

V. La substitution, dans (10), aux dérivées partielles de F, d'expressions proportionnelles connues, sera évidemment possible, si l'on sait former, à un facteur commun près, l'équation aux différentielles totales $dF(a, b, c, l, m, n) = 0$. Or, on l'obtiendra par la différentiation complète des équations (5),

$$(11) \quad \varphi\, dl' + \chi\, dm' + \psi\, dn' + l'\, d\varphi + m'\, d\chi + n'\, d\psi = 0, \quad \varphi_1\, dl' + \ldots = 0, \quad \varphi_2\, dl' + \ldots = 0,$$

pourvu qu'on puisse éliminer entre celles-ci les différentielles dl', dm', dn', étrangères à $dF = 0$. Et c'est ce qu'on fera, vu la *symétrie* du déterminant F, si l'on ajoute les équations (11), préalablement multipliées par l', m', n'. Il viendra ainsi, à raison des expressions (6) de $\varphi, \chi, \psi, \varphi_1, \ldots$, où d, e, f sont constants,

$$(12) \quad \begin{aligned} &l'^2\, da + m'^2\, db + n'^2\, dc - (l'^2 + m'^2 + n'^2)\, d(l^2 + m^2 + n^2) \\ &+ l'^2 d.l^2 + m'^2 d.m^2 + n'^2 d.n^2 + 2m'n'\, d.mn + 2n'l'\, d.nl + 2l'm'\, d.lm = 0. \end{aligned}$$

Séparons nettement, dans celle-ci, les coefficients totaux de $d(l, m, n)$, $d(a, b, c)$, qui devront être substitués, dans (10), aux dérivées respectives de F en l, m, n et en a, b, c. Si nous posons, pour abréger,

$$(13) \qquad l^2 + m^2 + n^2 = s, \qquad l'^2 + m'^2 + n'^2 = s', \qquad ll' + mm' + nn' = \sigma,$$

ces coefficients, divisés par -2, seront, les trois premiers,

$$s'(l, m, n) - \sigma(l', m', n')$$

et, les trois derniers, $-\frac{1}{2}(l'^2, m'^2, n'^2)$. On simplifiera les trois premiers, en introduisant les coordonnées x, y, z du *rayon lumineux* r, émané de l'origine, qui aboutit au point de contact de l'onde $lx + my + nz = 1$ avec son enveloppe obtenue en faisant varier l, m, n. Ces coordonnées, proportionnelles aux trois dérivées de F en l, m, n, et le rayon r, vérifient la quintuple proportion, où le quatrième rapport est essentiellement positif,

$$\frac{x}{s'l - \sigma l'} = \frac{y}{s'm - \sigma m'} = \frac{z}{s'n - \sigma n'} = \frac{1}{ss' - \sigma^2} = \frac{r}{\sqrt{s'(ss' - \sigma^2)}} = \frac{r^2}{s'},$$

qui donnent pour $s'(l, m, n) - \sigma(l', m', n')$ les trois quotients de $s'(x, y, z)$ par r^2. Or, la substitution de ces valeurs dans le premier membre de (10) introduit le cosinus de l'angle *aigu* V que fait la normale (λ, μ, ν) à la face d'entrée avec le rayon lumineux correspondant aux ondes dans le corps censé transparent; et l'équation (10) donne enfin

$$(14)\qquad h = r\frac{a' l'^2 + b' m'^2 + c' n'^2}{ks' \cos V} = r\frac{a' l'^2 + b' m'^2 + c' n'^2}{k \cos V}.$$

VI. Maintenant que ω, h et, par suite, L, M, N sont connus, il reste à déterminer, dans la solution symbolique (8), L′, M′, N′, proportionnellement à trois déterminants mineurs de deux des équations (5), prises avec L′, M′, N′ au lieu de l', m', n' et avec A, B, C, L, M, N au lieu de a, b, c, l, m, n. Ces déterminants mineurs, où l'on négligera les carrés et produits de a′, b′, c′, h, s'obtiendront sans difficulté et auront mêmes parties réelles que dans l'hypothèse de transparence. Nous choisirons pour L′, M′, N′ les quotients des déterminants par la racine carrée de la somme des carrés de ces parties réelles, afin que les parties réelles de L′, M′, N′ soient encore les trois cosinus directeurs l', m', n' de la vibration chez le corps censé transparent. Quant aux parties imaginaires, très petites, nous les écrirons $l'l''\sqrt{-1}$, $m'm''\sqrt{-1}$, $n'n''\sqrt{-1}$, avec l'', m'', n'' de l'ordre de a′, b′, c′. Il viendra donc

$$(15)\qquad L' = l'(1 + l''\sqrt{-1}) = l'e^{l''\sqrt{-1}}, \qquad M' = m'e^{m''\sqrt{-1}}, \qquad N' = n'e^{n''\sqrt{-1}}.$$

Enfin, nous prendrons comme constante imaginaire I d'amplitude la moitié d'une constante $e^{i+j\sqrt{-1}}$, dont e^i sera le module et j l'argument.

Alors la solution symbolique (8), devenue complètement explicite, sera

$$(16)\qquad (\xi, \eta, \zeta) = (l', m', n')\frac{e^i}{2}e^{-kh(\lambda x+\mu y+\nu z)}e^{[k(t-lx-my-nz)+j+(l'', m'', n'')]\sqrt{-1}};$$

et, par son addition à sa conjuguée où $\sqrt{-1}$ aura signe contraire, elle donnera la solution réelle cherchée :

$$(17)\qquad (\xi, \eta, \zeta) = (l', m', n')e^i e^{-kh(\lambda x+\mu y+\nu z)}\cos[k(t-lx-my-nz)+j+(l'', m'', n'')].$$

Les inégalités de phase entre ξ, η, ζ, dues aux très petits arguments l'', m'', n'', échapperont à l'observation : ce qui permet de supposer la vibration rectiligne. Et le corps ne se distinguera d'un cristal transparent que par l'exponentielle décroissante en $\lambda x + \mu y + \nu z$. Si l'on appelle u la distance

du point intérieur (x, y, z) à la face d'entrée, en mesurant cette distance *parallèlement au rayon lumineux* (dont r est la vitesse et V l'angle avec la normale), le trinome $\lambda x + \mu y + \nu z$ deviendra $u \cos V$; et l'amplitude du mouvement vibratoire sera proportionnelle à $e^{-(k/h \cos V)u}$, ou bien à e^{-fu}, si l'on pose, vu (14),

$$f = r(a' l'^2 + b' m'^2 + c' n'^2). \qquad (18)$$

On voit que f sera, *pour l'amplitude des mouvements*, ce que les physiciens appellent le *coefficient d'absorption* ou *d'extinction* du milieu translucide.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une grande machine électrostatique.* Note de MM. **P. Villard** et **H. Abraham.**

La subvention que l'Institut a bien voulu nous accorder en 1910 sur le fonds Debrousse pour poursuivre nos études sur les hauts voltages a été employée à la construction d'une grande machine Wimshurst à vingt plateaux.

Cette machine a été réalisée avec une très grande perfection par M. Roycourt. Les plateaux d'ébonite sans secteurs, individuellement démontables, ont $0^m,72$ de diamètre; ils sont renforcés dans toute leur partie centrale et restent ainsi parfaitement plans pendant la marche, malgré les attractions électrostatiques considérables auxquelles ils sont alors soumis. Les conducteurs diamétraux sont isolés du bâti, afin qu'on puisse mettre l'un des pôles de la machine au sol sans trop réduire la différence de potentiel disponible. En outre, l'isolement des diamétraux l'un de l'autre a pour effet de rendre le fonctionnement plus symétrique et augmente sensiblement le débit.

L'ensemble des paliers qui supportent les axes au nombre de 11, ainsi que les organes de transmission et de réglage mécanique, sont montés sur un solide bâti métallique venu de fonte. Toute la construction est suffisamment robuste et précise pour qu'on puisse réaliser en régime normal des vitesses de rotation de 1200 à 1400 tours à la minute, ce qui correspond à des vitesses périphériques de près de 50^m par seconde. Une vitesse de 800 à 1000 tours suffit généralement, d'ailleurs, pour obtenir le voltage maximum à faible débit. Ce voltage maximum est limité vers 320000 volts par les étincelles qui éclatent entre les collecteurs et le bâti ou les conducteurs diamétraux : le voltage normal est d'environ 250000 volts. Le Tableau sui-

vant résume les caractéristiques principales de cet appareil :

Débit à 250000 volts		1^{milliamp}
Débit maximum à bas voltage		$3^{\text{milliamp.}}$
Longueurs maxima d'étincelles entre	boules de 30^{cm} de diamètre	14^{cm}
	boules de 10^{cm} de diamètre	40^{cm}
	boules de 6^{cm} à 7^{cm} de diamètre	55^{cm}
	boule positive de 10^{cm} de diamètre et plateau négatif de 50^{cm} de diamètre	60^{cm}

Les hauts voltages et la puissance élevée disponibles sur cette machine nous ont déjà permis de mettre en évidence certains phénomènes, sur lesquels nous aurons à revenir, et que les machines ordinaires sont incapables de produire. Nous avons pu, d'autre part, étendre avec facilité jusqu'à 300000 volts les mesures de potentiels explosifs que nous avions entreprises précédemment et dont nous rendrons compte dans une prochaine Communication.

CHIMIE AGRICOLE. — *Considérations sur l'utilisation agricole des eaux d'égout.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Les eaux résiduaires des agglomérations urbaines et des centres industriels se sont pendant longtemps écoulées librement suivant les pentes naturelles et, par suite, mêlées aux eaux des rivières. Le souci de l'hygiène, qui est de date récente, a appelé l'attention sur les inconvénients que présentait la pollution des cours d'eau pour les populations situées en aval, et de grands efforts ont été faits pour y remédier.

En déversant ces liquides souillés sur la terre, on les épure par une oxydation produite sous l'influence de micro-organismes, en même temps qu'on opère un arrosage et une fumure qui augmentent les récoltes.

Si, à proximité des lieux de production de ces masses d'eaux résiduaires, on trouvait des terrains assez étendus pour les recevoir dans des conditions déterminées, le problème de l'épuration serait résolu et nul besoin ne serait d'en chercher une autre solution. En même temps, le bienfait de l'arrosage et de l'apport d'éléments fertilisants se manifesterait par une exaltation de la production agricole. Mais il est exceptionnel de trouver au voisinage des grands centres, des étendues de terrains suffisantes pour recevoir les volumes énormes de ces liquides.

Aussi, dans ces dernières années, l'effort s'est-il surtout porté sur des modes d'épuration intensive, tels que l'emploi des lits bactériens qui, sur des surfaces restreintes, permettent un grand débit. C'est sûrement là une voie féconde; mais il semble qu'elle ait trop fait perdre de vue l'avantage qu'on peut tirer de l'épandage sur les terres agricoles, qui conduit à l'épuration parfaite, en même temps qu'à l'utilisation économique.

Dans ce travail, nous envisageons exclusivement le côté agricole de la question, sans nous préoccuper du côté hygiénique, qui serait résolu *ipso facto*.

De nombreuses observations ont montré quels sont les éléments fertilisants charriés par l'eau d'égout et quelle influence ils ont sur la fertilisation des terres.

Nous avons repris ces études en envisageant non seulement l'apport des principes fertilisants, mais aussi l'apport simultané de l'eau. On sait quelle influence exercent les irrigations sur les rendements des récoltes, doublant, triplant celles-ci. Aussi ne recule-t-on pas devant de gros sacrifices pour amener aux terres l'eau des rivières. Souvent on les conduit à de grandes distances des points de prise, avec des têtes mortes très longues; souvent aussi on les élève mécaniquement pour les amener à pied d'œuvre. Ce sont de grands frais que supportent et que peuvent supporter les arrosages avec des eaux qui ne contiennent pas d'éléments pouvant servir d'engrais, qui n'agissent que par l'humectation du sol. On peut dire sans hésitation que les frais que peuvent supporter les eaux naturelles, *a fortiori* les eaux d'égout les pourraient-elles supporter, chargées qu'elles sont de substances fertilisantes. Il serait donc logique et économiquement pratique de faire pour les eaux d'égout ce qu'on a pu faire pour les eaux d'arrosage, c'est-à-dire de les conduire au loin, jusqu'à des surfaces de terre suffisantes pour les utiliser, tout en les épurant. On ne serait plus ainsi condamné à les répandre sur des terrains trop restreints. Si l'on dispose de surfaces considérables, on peut distribuer l'eau d'égout avec parcimonie, de manière à étendre le plus possible le bienfait de son action fertilisante.

Dans ces conditions, l'épuration serait parfaite et le plan d'eau ne s'élèverait pas au point d'incommoder le voisinage. L'eau d'égout serait alors une matière utilisable, pouvant amener la richesse sur de vastes territoires.

Une moyenne de 8 mois d'observations continues sur l'eau d'égout de Paris, prise dans le collecteur de la rive gauche, nous a donné par mètre cube :

Azote ammoniacal	21,61
Azote organique en solution	7,66
Azote organique en suspension	25,85
Azote nitrique	0,73
Azote total	58,85
Acide phosphorique	12,00
Potasse	45,95
Chaux	377,00
Magnésie	104,40

Si, pour fixer les idées, nous attribuons à ces éléments les prix moyens qu'ils ont dans les engrais usuels, nous trouvons que cette eau d'égout contient par mètre cube des matières fertilisantes valant $0^{fr},105$.

L'eau d'arrosage amenée aux terres est payée généralement par l'agriculteur $0^{fr},0025$ par mètre cube. Dans cet ordre d'idées, l'eau d'égout aurait donc une valeur 40 fois plus grande que l'eau des canaux d'arrosage, ce qui nous permet d'affirmer que les sacrifices faits pour conduire au loin, par des canaux et des machines élévatoires, de simples eaux d'arrosage, peuvent être facilement supportés par l'eau d'égout, dont la valeur fertilisante est si considérablement plus grande.

Il n'est donc pas téméraire d'envisager la possibilité économique de l'évacuation à grande distance des eaux résiduaires.

Comment agissent les eaux d'égout sur les cultures et sur les terres? Pendant la période culturale, la plante puise dans l'eau d'égout qui imprègne la terre les éléments fertilisants dont elle a besoin. Mais pendant la période hivernale, la végétation est arrêtée. Les matériaux de l'eau d'égout sont-ils alors acquis à la terre, qui s'enrichit d'autant, ou sont-ils éliminés dans les eaux de drainage? Les recherches que nous avons poursuivies pendant 7 mois sur des terres arrosées par l'eau d'égout dans les conditions habituellement pratiquées aux champs d'épandage d'Achères et de Gennevilliers, avec 40000^{m^3} par hectare et par an, nous ont donné les résultats suivants calculés à l'hectare et par an :

	Apporté par l'eau d'égout.	Emporté par les eaux de drainage.	Restant acquis à la terre.
	kg	kg	kg
Azote	2336,2	1762,4	201,8
Acide phosphorique	496,2	5,2	491,0
Potasse	1924,0	336,6	1587,4
Chaux	15780,9	8479,4	7301,5
Magnésie	4371,8	294,5	4077,3

L'azote est en majeure partie enlevé. La nitrification rapide en est la cause. Celui qui reste appartient aux débris organiques peu nitrifiables, retenus par les couches supérieures du sol. Dans nos expériences, dont la durée a été de 7 mois, les couches supérieures, contenant au début 1,239 d'azote pour 1000, contenaient à la fin 1,880.

L'acide phosphorique est retenu presque intégralement, également dans les couches supérieures qui en contenaient :

	Pour 1000. de terre.
Au début	0,93
A la fin	1,29

La plus grande partie de la potasse reste aussi acquise à la terre, en vertu d'un pouvoir absorbant bien connu. La chaux et la magnésie se fixent en proportion importante, ce qui infirme l'opinion courante que les arrosages à l'eau d'égout appauvrissent le sol en calcaire. Le contraire s'est produit dans nos essais.

Dans d'autres séries de recherches, nous avons déterminé les quantités d'eau qui conviennent, pour l'arrosage proprement dit, aux divers sols et aux diverses cultures. Elles sont en général comprises entre 3000 et 12000$^{m^3}$ par hectare et par an. Déterminons ici les quantités nécessaires comme fumure à donner aux récoltes. Les diverses cultures ont des besoins différents. Dans le cas d'une prairie naturelle, produisant 12000^{kg} de foin à l'hectare, il y a une absorption de 156^{kg} d'azote, 42^{kg} d'acide phosphorique, 192^{kg} de potasse. Pour faire cet apport d'azote, il faudrait 3000$^{m^3}$ d'eau d'égout; d'acide phosphorique, 3400$^{m^3}$; de potasse, 4200$^{m^3}$. En donnant à une pareille prairie 4000$^{m^3}$ à 5000$^{m^3}$ d'eau d'égout, répartis en 8 à 10 arrosages dans la période culturale, on satisferait aux besoins de la végétation, tant sous le rapport de la quantité d'eau, que sous celui de la quantité d'éléments fertilisants. Nous sommes loin ici des 40000$^{m^3}$ qu'on déverse sur les terres, lorsqu'on ne dispose que de surfaces limitées de terrains. Dans ce dernier cas, il y a un gaspillage énorme de principes nutritifs. Si ces surfaces étaient illimitées, on pourrait appliquer ces arrosages à des étendues décuples, et augmenter d'autant la productivité.

La culture fourragère est celle qui se prête le mieux à l'utilisation des eaux d'égout; mais beaucoup d'autres cultures peuvent en profiter. Un blé donnant 3000^{kg} de grain et 6000^{kg} de paille, fixe par hectare 92^{kg} d'azote, 42^{kg} d'acide phosphorique, 46^{kg} de potasse. 1600$^{mc^3}$ d'eau d'égout suffiraient pour apporter l'azote; il en faudrait 3300$^{mc^3}$ pour l'acide phosphorique;

1000^{mc^3} seulement pour la potasse. Dans un pareil cas, le blé ne supportant pas des arrosages copieux ou répétés, il conviendrait de ne donner que 1500^{mc^3}, quitte à compléter la fumure phosphatée par du superphosphate.

Des calculs analogues peuvent être établis pour toutes les cultures. Nous n'envisagerons plus que le cas d'un assolement triennal usuel, comportant pommes de terre, blé, avoine, auquel on donne ordinairement, tant en tête d'assolement que la deuxième et la troisième années, sous forme de fumier de ferme, de nitrate de soude et de superphosphate, 229^{kg} d'azote, 250^{kg} d'acide phosphorique, 320^{kg} de potasse.

Pour donner ces matières fertilisantes par l'eau d'égout, il faudrait de celle-ci : 4100^{mc^3} pour l'azote, 20000^{mc^3} pour l'acide phosphorique, 7000^{mc^3} pour la potasse.

De ces chiffres on peut conclure que l'eau d'égout n'est pas un engrais bien équilibré et que, pour l'utiliser au maximum, il faut surtout y ajouter des engrais phosphatés.

Quoi qu'il en soit, on voit que si les eaux des égouts de Paris étaient transportées jusqu'à des territoires agricoles de grandes surfaces, elles pourraient servir à fertiliser des étendues 10 à 15 fois supérieures à celles sur lesquelles on les déverse actuellement.

Si, avec juste raison, le point de vue de l'épuration, si important pour l'hygiène publique, doit être prédominant, celui de la fertilisation des terres n'en mérite pas moins d'être envisagé, aucun antagonisme n'existant entre eux et grande étant la plus-value qu'acquerraient les territoires auxquels serait fait ce double apport d'eau et de substances nutritives.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos d'une Communication récente de M. L. Cailletet.* Note de **M. L. Maquenne.**

Dans la séance du 8 mai dernier, notre savant confrère, M. Cailletet, a insisté, avec juste raison, sur ce fait que beaucoup de végétaux puisent le carbone qui leur est nécessaire à la fois dans le sol, sous forme de combinaisons organiques complexes, et dans l'air, où ils le trouvent à l'état d'anhydride carbonique. C'est ce dernier mode d'assimilation du carbone qui constitue la fonction chlorophyllienne, et l'on s'accorde généralement à admettre que, spéciale aux plantes vertes, cette fonction représente pour elles l'origine principale de leurs principes organiques.

M. Cailletet pense qu'il n'en est pas toujours ainsi et il cite en particulier le cas de l'*Aspidistra* qui, d'après ses expériences et celles de M. Mazé, serait incapable, au moins dans certaines conditions, de décomposer l'acide carbonique de l'air.

Sans doute il existe pour chaque espèce végétale une limite d'éclairement pour laquelle l'assimilation chlorophyllienne est exactement compensée par le phénomène respiratoire qui agit en sens inverse, mais cette limite peut, dans le cas des plantes dites *ombrophiles*, dont la respiration est peu active, descendre assez bas pour assurer leur alimentation par voie uniquement gazeuse.

En ce qui concerne l'*Aspidistra*, qui appartient précisément à ce groupe, j'ai pu le voir au cours de la semaine dernière, par temps sombre et pluvieux, décomposer régulièrement $0^{cm^3},03$ de gaz carbonique par heure et par centimètre carré de surface, ce qui est un chiffre tout à fait normal et même supérieur à celui qu'auraient donné, dans les mêmes conditions défavorables, nombre de plantes herbacées à croissance rapide, de nature ombrophobe. En d'autres termes, l'activité chlorophyllienne de l'*Aspidistra* ne le cède en rien à celle des autres espèces, ce que l'on pouvait prévoir.

Il n'y a évidemment là qu'une contradiction apparente, tenant à ce que la quantité de lumière en jeu dans les expériences de M. Cailletet était sans doute moindre que dans les miennes; j'ai cru néanmoins utile de la signaler pour éviter toute équivoque et faire ressortir l'intérêt considérable qu'il y aurait dans ce genre de travaux, à mesurer, par voie photographique ou autre, l'éclairement moyen du milieu dans lequel se trouvent les sujets en expérience, de même qu'on mesure les températures dans l'étude systématique de la respiration. Il y a là toute une série de recherches à faire qui seraient de la plus haute importance pour la physiologie végétale parce qu'elles permettraient de comparer entre elles les puissances d'assimilation des différentes espèces, héliophiles ou héliophobes, de mettre ces puissances en regard, pour chaque température, des énergies respiratoires correspondantes et enfin de déterminer les limites encore inconnues à partir desquelles la fonction chlorophyllienne cesse d'être efficace.

ZOOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les mutations évolutives.* Note de M. E.-L. Bouvier.

Dans un travail antérieur ([1]) j'ai désigné sous le nom de *mutations évolutives* des transformations brusques analogues à celles signalées par M. de Vries dans le règne végétal, mais qui « *suivent les règles de l'évolution naturelle du groupe et conduisent à la formation de types génériques très distincts, au lieu de se limiter à l'établissement de ces subdivisions de l'espèce linnéenne qu'on appelle des petites espèces* ». C'est dans les Crevettes de la famille des Atyidés que j'ai découvert, en 1904, les mutations de cette sorte : chez la *Caridina apiocheles* Bouv. qui saute brusquement au stade *Ortmannia*, et chez deux espèces d'*Ortmannia* qui, l'une et l'autre, passent de même au genre *Atya*. Je rappelle à ce propos que les genres *Caridina*, *Ortmannia* et *Atya* constituent un rameau terminal en série linéaire dans la famille des Atyidés. Au stade inférieur se placent les *Caridina*, les *Ortmannia* viennent ensuite, et enfin les *Atya*. Un examen, même superficiel, permet de caractériser les trois genres comme il suit :

Caridina : pinces du type astacien, c'est-à-dire avec une portion palmaire bien développée et des doigts bien plus courts que les pinces, le bouquet de poils terminal médiocrement long; les pinces de la paire antérieure portées sur un carpe distalement excavé; celles de la deuxième paire plus grêles, avec un carpe sans excavation. Petite taille.

Ortmannia : pinces analogues aux précédentes, mais presque toujours un peu plus longuement fendues; celles de la deuxième paire, peu différentes des premières et portées, comme elles, sur un carpe excavé. Chez les espèces mutantes, la taille est sensiblement plus grande que celles des *Caridina*.

Atya : pinces des deux paires semblables, fendues jusqu'à la base, munies d'un très long bouquet de poils et portées sur un carpe court profondément excavé. Taille moyenne ou grande, parfois très grande.

Ainsi l'évolution se manifeste, dans ces trois genres, par une augmentation progressive de la taille et une similitude de plus en plus grande dans les pattes des deux paires antérieures, qui finissent par acquérir la disposition singulière propre aux *Atya*.

Ces dispositions étaient depuis longtemps bien connues mais il en est

---

([1]) E.-L. Bouvier, *Observations nouvelles sur les Crevettes de la famille des Atyidés* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXXIX, 1905, p. 129).

d'autres, certainement plus importantes, qui avaient échappé aux observateurs. Je crois utile de mettre ces dernières en évidence, car elles sont de nature à montrer combien est grand, au point de vue mécanique, le hiatus qui sépare les individus dans une même forme mutante.

Limitons-nous dans cette Note aux *Ortmannia*. Les espèces de ce genre que j'ai reconnues mutantes sont l'*Ortmannia Alluaudi* Bouvier, très répandue dans les îles indo-pacifiques, et l'*O. Henshawi* Rathbun qui semble localisée aux îles Sandwich où elle est d'ailleurs très commune.

1° *O. Alluaudi.* — Dans la *forme Ortmannia* de cette espèce, les pinces des deux paires sont portées sur des carpes courts et profondément excavés, mais présentent des variations assez considérables dans la longueur des doigts, leur portion palmaire étant d'ailleurs toujours fort nette. Le bouquet de poils qui termine les doigts de ces organes est médiocrement allongé, comme dans les autres espèces du genre. La structure et l'arrangement de ces poils sont très caractéristiques : le bout du doigt, largement arrondi, se termine par un court stylet obtu, à droite et à gauche duquel sont groupés les poils de manière presque symétrique. Ces poils sont distribués en plusieurs rangées : la première est un crible où les poils sont raides, élargis à la base, qui est transversalement striée, et dentés en scie dans leurs deux tiers terminaux, avec des branches latérales dans la région du sommet; derrière ce crible viennent des poils de plus en plus longs qui se dilatent et forment une scie dans leur partie terminale; cette dernière est également pourvue de fines branches plus ou moins allongées. En somme, le pinceau qui termine les doigts se compose du court stylet médian et de poils en scie munis de branches latérales. L'espace compris entre les poils, sur la face interne de chaque doigt, est large et forme une demi-ellipse qui aboutit à la base du court stylet terminal.

Tout autre est la structure dans la *forme Atya* de la même espèce. Les carpes sont courts et en demi-lune, les doigts fendus jusqu'à la base des pinces et les bouquets de poils démesurément longs, aussi longs au moins que les pinces; c'est la structure typique des *Atya*. Les poils eux-mêmes sont exactement du type de ce genre; ils forment deux longs bouquets symétriques séparés sur la face interne des doigts par un angle très aigu; à la place du stylet terminal, est une courte et large écaille translucide; enfin les poils eux-mêmes sont dépourvus de scie et frangés de branches latérales sur toute leur longueur. Rien ne ressemble moins aux pinceaux de poils de la forme *Ortmannia* et le rôle fonctionnel doit être tout autre. On se trouve, en somme, en présence d'un type organique essentiellement différent. Cette forme fut appelée *Atya serrata* par Sp. Bate.

2° *O. Henshawi.* — Plus grandes encore sont les différences entre les deux formes de cette espèce.

Dans la *forme Ortmannia*, les pinces et le carpe sont du type normal, celui qui a été décrit plus haut dans la forme *Ortmannia* de l'espèce précédente; les pinceaux eux-mêmes ont une structure analogue en ce sens qu'ils présentent plusieurs rangées de poils dentés en scie et frangés de quelques branches latérales. Mais le bout des

doigts n'est plus occupé par un stylet; il porte au contraire un arceau de courtes lames jaunes absolument contiguës et semblables à des ongles dont le bout libre serait arrondi. C'est à droite et à gauche de cet arceau que prennent place les poils en scie de la première rangée; les autres poils plus longs se trouvent en arrière, plus près de la face externe des doigts. D'ailleurs, comme dans les *Ortmannia* proprement dits, un large espace en demi-ellipse sépare, sur la face interne des doigts, les deux moitiés symétriques de chaque pinceau.

La *forme Atya* de cette espèce ne diffère en rien de celle décrite plus haut dans l'*O. Alluaudi;* le carpe, les pinces, les bouquets de poils et les poils eux-mêmes sont identiques et semblablement disposés. C'est le type *Atya* dans toute sa perfection; il avait d'ailleurs été désigné sous le nom d'*Atya bisulcata* par Randall.

Dans l'*O. Alluaudi* comme dans l'*O. Henshawi*, les deux formes présentent des différences considérables qui caractérisent deux types organiques largement distincts par leur structure et sûrement aussi par leurs habitudes. Pourtant, malgré ces différences, l'examen morphologique conduit à cette conviction que les deux formes ont les mêmes progéniteurs : une femelle d'*Ortmannia* doit sûrement donner naissance à des *Ortmannia* et à des *Atya;* je l'ai affirmé dès le début de mes recherches et M. Bordage (¹) l'a constaté par des élevages chez l'*O. Alluaudi*.

Nous sommes donc *en présence d'espèces douées de mutation évolutive, qui donnent indistinctement des individus de deux genres différents* et qui nous montrent le type *Atya* dérivant brusquement du type *Ortmannia*, dont il est fort éloigné par la structure et par les caractères biologiques.

A vrai dire, les *Ortmannia* sont assez petites et les *Atya* peuvent atteindre une grande taille, mais il faut noter que la forme atyenne de l'*O. Alluaudi* est presque toujours un peu plus grande que la forme ortmannienne, et d'un autre côté, que l'*O. Henshawi* est plus grand que l'*O. Alluaudi*. D'ailleurs certaines *Atya* bien fixées, entre autres l'*O. moluccensis* et l'*O. occidentalis*, ont une taille médiocre et se placent normalement à la suite de la forme atyenne de l'*O. Henshawi*. Une fois acquis par mutation, le type *Atya* s'est développé en suivant des règles évolutives propres.

Que certaines espèces, arrivées à un point de maturation convenable, puissent d'un seul coup changer de type et franchir le vaste espace qui les conduit à la forme organique supérieure, cela semble au premier abord impossible et c'est pourtant un fait; les exemples précédents nous en donnent la preuve, une preuve devant laquelle il faut bien s'incliner.

(¹) Ed. Bordage, *Mutation et régénération hypotypique chez certains Atyidés* (*Bull. scient. France et Belgique*, t. XLIII, 1909, p. 93).

En somme, si l'on s'en tient aux faits actuellement observés, les variations apparentes que subissent les êtres sont de deux sortes : les unes légères, les autres fort grandes.

Les *variations légères* peuvent être lentement acquises ou, comme dans les exemples de M. de Vries, apparaître brusquement par mutations; dans l'un et l'autre cas, elles se bornent le plus souvent à modifier la physionomie de l'espèce (races, variétés, petites espèces, fleurs pélorиées), parfois elles conduisent, après une longue période, à une forme spécifique différente (espèces très voisines situées en deçà et au delà de l'isthme de Panama : *Clibanarius vittatus* et *Cl. panamensis*, *Xiphopenæus Kroyeri* et *X. Riveti*, etc.) ou par enchaînement d'espèces qui évoluent dans une même direction, à des formes génériques (les diverses espèces d'Éléphants se relient aux Mastodontes par les espèces du genre *Stegodon*).

Les *grandes variations* transforment d'un coup le type organique de l'espèce qui les subit. Elles obéissent aux lois évolutives propres de la lignée à laquelle appartient l'espèce et réalisent un grand progrès dans cette lignée. Par là même, il est possible de les prévoir à l'avance : si l'on observe quelque jour de grandes variations dans les *Xiphocaridina*, on peut être sûr qu'elles donneront des *Atyaephyra* ou des *Caridina*, comme les *Caridina* se transforment en *Ortmannia* et les *Ortmannia* en *Atya*. C'est au phénomène par lequel se produisent brusquement les amples variations précédentes qu'il convient d'appliquer le terme de *mutations évolutives*.

Un caractère des mutations évolutives, telles qu'on les observe dans la famille des Atyidés, c'est la variabilité fort grande des caractères génériques dans l'espèce mutante et la réalisation parfaite de ces mêmes caractères chez les individus de la forme supérieure. Ainsi, les pinces de l'*Ortmannia Alluaudi* sont de formes très diverses, mais celles de son type *serrata* présentent à la perfection les caractères atyens; il en est de même dans l'*O. Henshawi* et sa forme atyenne *bisulcata*. Si bien qu'il reste toujours un hiatus énorme entre la forme primitive et la forme supérieure qui en est issue.

Or, des hiatus brusques se rencontrent également partout, chez les animaux comme chez les plantes, dans la série des êtres vivants ou fossiles; les formes de transition ménagée font souvent défaut entre les types organiques différents; et ce qui se passe aujourd'hui ayant dû se produire autrefois, il n'est pas excessif d'attribuer ces hiatus considérables, au moins pour une part, à des mutations évolutives. Ainsi, certaines grandes étapes de l'évolution auraient été franchies par sauts brusques et étendus

rappelant ceux des *Ortmannia* qui se transforment en *Atya*. Quant aux variations légères, nous avons vu qu'elles peuvent se produire lentement ou par mutation simple, et M. de Vries pense même qu'elles ne peuvent persister que si elles tirent leur origine de ces dernières; en tous cas, elles sont parfois capables, en s'accumulant et se succédant, de modifier peu à peu le type organique primitif; la paléontologie en donne de beaux exemples, dont le plus frappant peut-être nous est offert par la dentition des Proboscidiens.

Les mutations évolutives réalisent brusquement des progrès considérables, mais elles s'élaborent avec lenteur et continuité durant des siècles, par une action des influences extérieures sur l'intimité de l'être; c'est à ce point de vue seulement que reste vrai l'axiome leibnizien : « la nature n'agit jamais par saut » (¹). Comme je l'écrivais en 1905, l'espèce en mutation évolutive a sans doute accumulé, au cours de son histoire généalogique, une grande force d'évolution qu'elle dépense actuellement pour atteindre le type organique immédiatement supérieur où elle doit se fixer, au moins pendant une longue période.

On peut comparer ce phénomène à la genèse de certaines maladies qui s'élaborent longuement pour se développer tout à coup, à la maturation sexuelle qui se fait avec lenteur et apparaît brusquement, ou mieux encore à la métamorphose de certaines formes animales. Par le même processus de maturation lente, les mutations évolutives réalisent dans la phylogénie d'un type les mêmes transformations brutales que les métamorphoses dans l'ontogénie d'un individu; on peut donc justement les appeler des *phylomorphoses*. L'*Atya* s'est élaborée dans l'*Ortmannia* comme la Langouste s'élabore dans son phyllosome hyalin et foliacé, mais la première élaboration a réclamé des siècles tandis que la seconde réclame seulement quelques mois.

Les mutations évolutives démontrent sans conteste la transformation évolutive des êtres, puisqu'elles la produisent sous nos yeux : dans presque toutes les îles indo-pacifiques, on peut assister à la transformation brusque des *Ortmannia* en *Atya*, à la Réunion notamment où M. Bordage, d'un même coup de filet, a récolté plusieurs centaines d'*Ortmannia Alluaudi* et à peu près autant d'*Atya serrata*. A l'heure actuelle, les mutations évolutives ne semblent pas connues en dehors des Atyidés, mais peut-être suffira-t-il

---

(¹) Lettre de M. Leibniz à M. Foucher, chanoine de Dijon, sur quelques axiomes de Philosophie : *G.-G. Leibnitii Opera omnia*. Édit. Lud. Dutens, t. II, 1693, p. 238.

d'avoir signalé ce phénomène important pour qu'on en constate ailleurs l'existence. J'ajoute que les familles où les espèces se trouvent actuellement en mutation évolutive ne doivent pas être très nombreuses, car il faut vraisemblablement des siècles pour élaborer les phylomorphoses, et la mutation ne peut se produire de nos jours que chez les formes où cette élaboration a pris fin.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'action du froid, du chloroforme et de l'éther sur l'*Eupatorium triplinerve *Vahl* (*Ayapana*). Note de M. **Édouard Heckel.**

On sait qu'un certain nombre d'espèces d'*Eupatorium*, après dessiccation, sont douées d'odeurs très recherchées, notamment l'*E. Dalea* L. qui répand une odeur de vanille et *E. aromatisans* DC. qui est employé pour parfumer les cigares de la Havane; quelques-unes même sont pourvues d'huiles essentielles à base de phellandrène comme l'*Eupatorium fœniculaceum* Willd. de l'Amérique du Nord (Virginie, Floride, États du Sud) et répandent à l'état vert l'odeur de cette essence.

L'Ayapana (*Eupatorium triplinerve* DC., *E. Ayapana* Vent.) jouit de la propriété de développer *après dessiccation* dans ses feuilles et dans sa tige (qui sont inodores à l'état vert et vivant), une odeur très sensible de mélilot. Il m'a paru d'autant plus intéressant de rechercher l'action du froid, du chloroforme et de l'éther sulfurique sur cette plante, tant à l'état vivant qu'en fragments foliaires ou tigellaires verts, qu'elle passe, d'après certaines analyses chimiques, pour posséder une huile essentielle à laquelle elle devrait ses propriétés odorantes. On l'a ainsi rapprochée de *Eupatorium fœniculaceum* et à tort. Je me suis assuré qu'il n'existe, du reste, ni dans le tissu de la feuille ni dans celui de la tige, aucune localisation cellulaire de cette prétendue essence qui devrait, si elle était diffuse et préformée dans l'ensemble des tissus de la feuille ou de la tige ou même dans le contenu cellulaire manifester ses propriétés, dès qu'on la froisse dans les mains à l'état frais, et c'est ce qui ne se produit pas. Par contre, c'est ce que l'on constate pour une foule d'autres plantes qui, à l'état vert, répandent l'odeur de leur essence immédiatement après froissement. Dans Ayapana, l'odeur coumarino-mélilotique ne se manifeste qu'après complète dessiccation de la plante entière ou de la feuille détachée, et cette dessiccation exige un temps

assez long, en général 5 à 8 heures (en temps sec et chaud), selon qu'il s'agit d'une simple feuille ou de la plante entière.

Après l'action du Kélène (*chlorure d'éthyle pur*), l'apparition de l'odeur mélilotique est très rapide, 5 à 6 minutes suffisent. Il se forme immédiatement une couche générale de givre sur les deux faces de la feuille impressionnée par le Kélène pulvérisé, mais le givre est plus accentué sur les bords de la feuille. On perçoit en effet l'odeur manifestement coumarino-mélilotique après ce laps de temps, et elle va s'accroissant ensuite de plus en plus.

Les actions respectives du chloroforme et de l'éther sulfurique sont identiques, mais beaucoup plus longues à se produire que par le froid. Il faut maintenir, sous cloche, dans l'air chloroformé ou éthéré, les tissus séparés de la plante pendant 15 minutes environ pour percevoir les premières émanations mélilotiques, et dès lors on observe sur les deux faces de la feuille une couche presque continue d'eau inodore transpirée. Une plante entière et en état de commencement de floraison maintenue vivante sous cloche anesthésique dans son pot d'origine, a mis plus longtemps encore, 45 minutes, pour se flétrir d'abord et enfin donner un commencement d'odeur. Il a fallu, pour que cette odeur se développât en totalité, que la plante donnât des signes manifestes d'altération profonde de ses tissus (noircissement des feuilles, courbure des inflorescences flétries), c'est-à-dire 1 heure et demie environ : retirée de la cloche à anesthésie, la plante, malgré tous les soins qui lui furent donnés, ne reprit pas sa vitalité. Elle était morte et tous les tissus, depuis les inflorescences jusqu'à la racine exclusivement, répandaient l'odeur coumarino-mélilotique.

Mêmes phases successives pour l'éther sulfurique sans retard ni accélération sensibles dans leur apparition.

En somme, l'action est comparable à celle que j'ai fait connaître en détail (*Comptes rendus*, 15 novembre 1909) touchant le froid et des anesthésiques sur le mélilot officinal, toutefois avec quelques variantes légères portant sur la durée de l'action des anesthésiques, qui, avec Ayapana, a été plus courte pour arriver au dégagement de l'odeur. Pas plus que dans le mélilot, le principe odorant n'existe à l'état préformé dans l'Ayapana : dans ces deux plantes, le phénomène se produit avec lenteur sous l'influence de la dessiccation, plus rapidement sous l'action des anesthésiques, enfin très rapidement sous l'action du froid (gel). Évidemment il y a là, comme facteur principal du phénomène, la déshydratation (*plasmolyse*) produite presque instantanément par l'action du gel (dont la formation immédiate du givre est la preuve),

moins rapidement par l'éther et le chloroforme (15 minutes), moins rapidement encore par l'évaporation spontanée à l'air libre (5 à 8 heures). Cette dernière se fait très lentement. Il est probable que, dans l'Ayapana, comme dans le mélilot, on trouvera de la *coumarine*, du *mélilotol* et de l'acide *mélilotique* si l'on en juge par la similitude des odeurs produites sous l'influence des mêmes facteurs, et par la même succession dans les phénomènes observés.

Comment les anesthésiques agissent-ils à titre de déshydratant sur les tissus de ces plantes? Aux dépens de quels éléments chimiques contenus dans les cellules végétales s'opère cette déshydratation dont le résultat est la formation du parfum définitif? C'est ce qu'il convient de dégager maintenant, comme j'ai essayé de le faire pour la formation de la *vanilline* dans la gousse verte de la vanille (*Comptes rendus*, 1910).

Par voie de déduction, il est probable que les rayons ultra violets produiront aussi sur cette plante des résultats identiques à ceux que je viens d'esquisser. Il serait intéressant de contrôler cette prévision établie d'après les faits signalés par M. Jean Pougnet qui a étudié récemment, sur les plantes odorantes à coumarine, à glucosides, et sur la vanille verte, les mêmes phénomènes dont je poursuis l'étude (*Comptes rendus*, 1910-1911), mais en employant comme unique facteur les rayons ultraviolets agissant sur les plantes que j'ai moi-même mises en cause vis-à-vis du froid et des anesthésiques. Cette étude faite comparativement sur le mélilot officinal et sur l'Ayapana, serait, si elle amenait aux mêmes résultats, une présomption de plus en faveur de l'identité de composition chimique des deux plantes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de S. A. S. le prince *Albert de Monaco*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 36,

MM. Sven Hedin	obtient	34 suffrages
Davis (W.-M.)	»	1 suffrage
Hildebrandsson (H.)	»	1 »

M. **Sven Hedin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel**, au nom de M. M. Caullery, secrétaire du Comité de souscription de la Médaille *A. Giard*, présente à l'Académie le premier Volume d'*OEuvres* du regretté naturaliste, auquel est joint un exemplaire des *Controverses transformistes* publiées par Giard de son vivant.

M. **Zaboudsky**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique; M. **E. Cosserat**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie; M. **Levi-Cività**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique; M. **Paul Wagner**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adressent des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° H. Andoyer, *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales*. (Présenté par M. G. Darboux.)

2° *Exposition universelle et internationale de Bruxelles*, 1910. *Section française : Arts chimiques et pharmacie. Rapport* par M. Trillat. (Présenté par M. A. Haller.)

ASTRONOMIE. — *Sur une étoile filante triple observée à Nice.* Note de M. **J.-Ph. Lagrula**, transmise par M. Bassot.

Pendant la nuit du 21 au 22 juin, tandis que j'étais occupé à observer une petite planète à l'équatorial de $0^m,38$ à Nice, je vis très nettement une étoile filante triple traverser le champ de la lunette.

J'observais sur champ obscur avec un grossissement de 140, auquel correspond un champ visible de 20′ environ. La traînée de l'étoile filante, orientée du NW (apparition) au SE (disparition), était formée très distinctement de *trois traits lumineux parallèles* inégalement distants : la distance entre le trait supérieur (SW) et le trait intermédiaire, et celle entre ce

dernier et le trait inférieur (NE) étant à peu près dans le rapport de 2 à 1. Pendant un instant notable, bien que je l'estime inférieur à une seconde, j'ai eu la sensation que produirait un triple fil brillant subitement tendu dans le micromètre.

Les intensités lumineuses des traits m'ont paru de l'ordre de celles qui résulteraient du passage rapide d'astres de 7ᵉ ou 8ᵉ grandeur. Je n'ai d'ailleurs pas constaté de différences notables entre les éclats des trois traits.

Par comparaison avec les couples de fils disposés dans le champ du micromètre, j'estime que les traînées extrêmes étaient à une distance d'une quinzaine de secondes d'arc.

Le phénomène s'est produit au moment où j'effectuais ma dernière série de mesures sur la planète et l'étoile de comparaison. Cette circonstance m'a permis de déterminer avec une assez grande précision les éléments de l'observation qui fait l'objet de la présente Note et qui sont les suivants :

Époque : 1911, juin 21, à $12^h 4^m 37^s \pm 5^s$, temps moyen de Nice.

Coordonnées équatoriales apparentes d'un point de la trajectoire :

$$\alpha = 15^h 32^m 50^s \pm 10^s; \qquad \delta = -7^\circ 16'.$$

Orientation de la trajectoire définie par les angles de position : à l'apparition $315^\circ \pm 10^\circ$, à la disparition $135^\circ \pm 10^\circ$.

Distance angulaire apparente des traînées extrêmes : $16'' \pm 4''$.

PHYSIQUE. — *Action de la translation terrestre sur les phénomènes lumineux.* Note [1] de M. **Luigi Giuganino**, présentée par M. H. Poincaré.

Le résultat auquel je suis arrivé dans une Note précédente publiée ici même (cf. *Comptes rendus*, t. 152, p. 1662) est indépendant du choix particulier des variables auxquelles se rapportent les équations de la lumière; mais il ne sera pas inutile, peut-être, de le déduire à nouveau du théorème de Lorentz (*Encyklopädie der math. Wiss.*, Bd. V_2, Heft 2, S. 266), qu'on peut énoncer de la façon suivante :

Soient :

X, Y, Z, α, β, γ les composantes de la force électrique et magnétique;
v_x, v_y, v_z les projections de la vitesse v de la Terre sur les axes;

---

(1) Présentée à la séance du 12 juin 1911.

c, ω les vitesses de la lumière dans le vide et dans les milieux transparents;

ν, T, T′ l'indice de réfraction pendant le repos, la période absolue, et la période relative d'après le principe de Döppler-Fizeau;

$$x' = x - v_x t, \qquad y' = y - v_y t, \qquad z' = q - v_z t$$

les coordonnées mobiles;

$$t' = t - \frac{x' v_x + y' v_y + z' v_z}{c^2}$$

le temps local de Lorentz;

$$X' = X + \frac{1}{c}(v_y \gamma - v_z \beta), \quad \ldots\ldots;$$

$$\alpha' = \alpha + \frac{1}{c}(v_z Y - v_y Z), \quad \ldots.$$

Soit connu pour un système au repos un état dans lequel X, Y, Z, α, β, γ sont certaines fonctions de x, y, z, t, T; alors dans le système en mouvement X′, Y′, Z′, α', β', γ' sont les mêmes fonctions de x', y', z', t', T (Drude, *Lehrbuch der Optik*, p. 433).

Les axes Ox, Oy étant parallèles aux rayons lumineux avant et après la réflexion (voir la Note précédente), admettons que l'onde plane entre dans L_1 au temps absolu $t = 0$, au point $x = y = z = 0$. X, Y, Z, α, β, γ seraient proportionnels à

$$\sin\frac{2\pi}{T_1}\left(t - \frac{\nu x}{c}\right)$$

si L_1 était au repos, et, d'après le théorème de Lorentz, X′, Y′, Z′, α', β', γ' seront proportionnels à

$$\sin\frac{2\pi}{T'_1}\left(t' - \frac{\nu x'}{c}\right)$$

pendant le mouvement. L'onde plane O_1 qui, au temps local $t' = 0$ entre en L_1 au point $x' = 0$, $y' = z' = 0$, en sort au point $x' = l$, $y' = z' = 0$ quand le temps local y est $t'_1 = \frac{\nu l}{c}$, et le temps absolu

$$t_1 = t'_1 + \frac{v_x l}{c^2} = t'_1 = \frac{\nu l}{c},$$

car $v_x = 0$. Pendant le temps absolu elle a parcouru un espace l_1, et dans l'éther libre elle aurait parcouru un chemin $ct_1 = \nu l$. Donc elle est en retard d'une longueur

$$R_1 = (\nu - 1) l.$$

Supposons maintenant que l'onde O'_2 entre dans L_2 au temps $t=0$, au point $y=0$, $x=z=0$.

Dans le repos on aurait

$$\sin\frac{2\pi}{T_2}\left(t-\frac{\nu y}{c}\right);$$

pendant le mouvement on aura

$$\sin\frac{2\pi}{T'_2}\left(t'-\frac{\nu y'}{c}\right).$$

L'onde qui entre dans L_2 au temps local $t'=0$ au point $y'=0, x'=z'=0$, sort en $x'=z'=0$, $y'=l$ au temps local $t'_2=\frac{\nu l}{c}$, et au temps absolu

$$t_2=t'_2+\frac{lv_y}{c^2}=\frac{\nu l}{c}+\frac{lv_y}{c^2}.$$

Pendant ce temps absolu elle a parcouru un espace $l+v_y t_2$, car L_2 s'est déplacée de $v_y t_2$; dans l'éther libre elle aurait parcouru un chemin

$$ct_2=\nu l+\frac{lv_y}{c};$$

donc elle est en retard d'une longueur

$$R_2=l(\nu-1)\left(1-\frac{v_y}{c}\right).$$

L'onde O'_1 reste en arrière de O'_2 d'une longueur

$$R=R_1=R_2=l(\nu-1)\frac{v_y}{c},$$

et les franges d'interférence se déplacent.

On remarquera que ce déplacement des franges est dû à ce que, l'éther n'étant pas entraîné dans la translation terrestre, les deux lames transparentes L_1, L_2 agissent d'une façon dissymétrique sur les deux faisceaux de rayons interférents : dans toutes les autres expériences sur l'interférence, l'action de la translation terrestre est presque symétrique sur les deux faisceaux, et alors, d'après le théorème de Lorentz, le terme en $\frac{v}{c}$ devait disparaître par différence, et ce théorème s'accordait bien avec les faits observés.

PHYSIQUE. — *Des images révélées physiquement après fixage de la plaque au gélatinobromure d'argent irradiée. Actions isolées ou successives de la lumière et des rayons* X. Note [1] de M. CHANOZ, présentée par M. d'Arsonval.

I. On peut admettre qu'une plaque sensible excitée par les radiations (lumière en rayons X), puis fixée et lavée [2] renferme des *germes actifs*, capables d'amener la condensation de l'argent naissant, engendré par le révélateur physique utilisé [3].

Pour une irradiation de courte ou moyenne durée la plaque sensible ne présente aucune altération *visible*, soit avant soit après le fixage. Pour les fortes irradiations provoquant une solarisation prononcée, il en est autrement : on le sait, les plages fortement ou longuement irradiées paraissent, avant le fixage, plus foncées que les plages moins exposées; après le fixage, les plages très irradiées ne deviennent pas parfaitement transparentes, elles conservent un aspect dichroïque dû à des particules solides dérivant de la préparation argentique.

On ignore si les germes invisibles [4] correspondant aux faibles expositions sont constitués par des particules dérivant du sel d'argent ou par des modifications structurales, créées par ce sel transformé dans la gélatine, ou encore par ces deux causes réunies. On ne sait pas davantage si, pour les irradiations solarisantes, il existe d'autres germes que les particules solides rendues apparentes par diffraction.

II. L'agent fixateur paraît jouer un rôle notable dans la constitution de

---

(1) Présentée à la séance du 12 juin 1911.

(2) M. CHANOZ, *Comptes rendus* du 6 juin 1911.

(3) Ce serait en somme le même mécanisme que celui invoqué par M. Villard dans ses belles expériences sur les *Phénomènes pseudo-photographiques* (*Bulletin des séances de la Société française de Physique*, 1908, p. 211-225).

D'après ces mêmes expériences, il est très probable que l'on pourrait révéler *l'image après fixage* par d'autres révélateurs que ceux à base de sel d'argent.

(4) Le sel d'argent est nécessaire à la production de ces germes : une plaque débarrassée de son bromure d'argent, lavée, séchée et irradiée, puis développée physiquement ne donne aucune image. La gélatine ne joue pas un rôle exclusif : d'après M. Eder, les plaques au collodion se comporteraient comme les plaques au gélatinobromure, en ce qui concerne la lumière.

ces germes actifs, car il est possible en variant son degré de concentration d'obtenir des images après fixage non identiques.

On irradie par un bec Auer, placé à $0^m,60$, et pendant des temps allant de moins d'une seconde à plus de 2 heures, des plaques au gélatinobromure (Lumière *bleue* et Jougla *verte*). Des bandes parallèles, découpées dans ces plaques, sont traitées simultanément par le bain de développement physique déjà décrit antérieurement, après avoir été fixées respectivement (et par une durée d'immersion juste suffisante) par des solutions pures d'hyposulfite de sodium, de titres allant de $0^g,33$ à 33^g pour 100^{cm^3}. La comparaison des images obtenues dans ces conditions m'a donné ces résultats :

1° Pour une irradiation donnée, l'opacité *absolue* de l'image diminue en général quand s'abaisse la concentration de l'hyposulfite de sodium ; avec les concentrations faibles, les courtes poses ne donnent pas d'impression appréciable ;

2° L'opacité *relative* des images correspondant à des poses différentes est conservée pour les bains d'hyposulfite de titres supérieurs à 1^g pour 100 : quand la durée de pose augmente, l'opacité s'accroît, passe par un maximum, décroît, puis ensuite remonte ;

Quand le titre du bain de fixage est proche de $0^g,33$ pour 100, l'opacité *paraît* continuellement s'accroître avec la durée d'irradiation.

III. D'après les résultats précédents, on peut s'attendre à rencontrer, tout au moins dans certains cas, un défaut de parallélisme entre les négatifs obtenus : (A) par développement physique après fixage ; (B) par développement immédiat habituel.

J'ai comparé les négatifs (A) et (B) préparés aussi correctement que possible, pour des irradiations isolées ou successives de rayons X et de lumière (bec Auer), en utilisant toujours, pour simplifier, des solutions d'hyposulfite de sodium de 10 à 20 pour 100 environ. Voici quelques résultats :

α. *Lumière seule ou rayons* X *seuls.* — Les opacités (A) et (B) qui diffèrent en valeur absolue sont *à peu près* parallèles. Pour des irradiations croissantes, l'opacité passe par un maximum, décroît et remonte. La *remontée* est surtout prononcée dans le négatif (A) après fixage, en raison de l'importance relative des germes visibles, *opaques* des régions très surexposées.

β. *Lumière et rayons* X *associés.* — M. Villard [1] a prouvé qu'il n'est pas indifférent, pour le négatif *ordinaire* (B), de faire agir successivement sur la plaque sensible (Jougla) les rayons X et la lumière *ou* la lumière et les rayons X. Quand on suit l'ordre (1) : lumière + rayons X, les impressions s'ajoutent. Pour l'ordre inverse (2), *la lumière efface l'action des rayons* X. En utilisant convenablement les rayons X

---

[1] M. Villard, *Sur les actions chimiques de la lumière* (*Bulletin des séances de la Société française de Physique*, 1907).

pendant 6^m ou 15^m, la lumière du bec Auer de 0^h à $2^h 30^m$, j'ai fait ces constatations :

1° Les négatifs ordinaires (B_1), (B_2) sont extrêmement dissemblables. Leur interprétation vérifie pleinement la conception de M. Villard.

2° Les négatifs après fixage (A_1), (A_2) sont très différents des clichés (B) correspondants.

Les clichés (A_1), (A_2) se ressemblent beaucoup. Ils rappellent les négatifs du paragraphe précédent obtenus par l'action d'une radiation unique.

PHYSIQUE. — *Appareil de réception téléphonique de signaux sous-marins.* Note de M. J. GARDNER, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis les célèbres expériences de Colladon et Sturm sur le lac de Genève, on a cherché quels étaient les meilleurs moyens pour percevoir, avec le plus d'intensité possible, les ondes sonores transmises dans le sein des liquides. Ces recherches sont particulièrement intéressantes, lorsqu'il s'agit de percevoir, à grande distance, les signaux produits au moyen des cloches sous-marines.

Ces signaux ont été reconnus supérieurs à ceux qui sont transmis dans l'air, car ils ne sont pas affectés par les conditions atmosphériques et peuvent être entendus en tous temps et à des distances uniformes.

L'appareil récepteur, que nous avons employé dans nos recherches, est basé sur un système téléphonique. La cuirasse même du navire constitue la paroi, qui est directement influencée par les ondes sonores transmises par l'eau. Les vibrations de la cuirasse amènent les changements de résistance électrique dans un microphone, monté de façon à pouvoir être influencé par elles. Le microphone est relié électriquement avec un récepteur téléphonique, placé dans une partie convenablement choisie du bâtiment. L'observateur doit pouvoir déterminer la direction précise des ondes émises par la cloche.

Ce système d'appareils récepteurs vient d'être adopté par la *Marine française* à la suite des essais qui ont été faits au port de Cherbourg, et les modèles qui sont construits actuellement pour cet usage en France par MM. F. Ducretet et E. Roger, comprennent un transmetteur microphonique très sensible, renfermé dans une boîte parfaitement étanche en fonte, solidement fixée contre la cuirasse du navire au-dessous de la ligne de flottaison, et relié à une paire de téléphones qu'on fixe aux oreilles.

Ce microphone reçoit les vibrations par l'intermédiaire d'un anneau de métal, à l'extrémité duquel il est vissé et qui est fixé solidement au fond de la boîte par l'extré-

mité diamétralement opposée. Cet anneau, dont les dimensions ont été rigoureusement déterminées, possède des propriétés de résonance très marquées, de telle sorte qu'il ne puisse entrer en vibration que sous l'influence exclusive des ondes sonores émises par la cloche sous-marine, à la fréquence la plus convenable pour la transmission des signaux.

L'utilisation du phénomène connu de la résonance permet, en même temps, d'accroître considérablement la portée des signaux, les sons provenant de la cloche étant amplifiés par résonance, et ceux provenant du bateau même (bruits d'hélice, frottement des vagues, etc.) sont amoindris dans leurs effets sur l'appareil téléphonique.

Chaque bateau comprend deux systèmes semblables, l'un fixé à bâbord, l'autre à tribord, et l'opérateur peut connecter à volonté à l'aide d'un commutateur le récepteur téléphonique sur l'un ou l'autre des microphones. Il est ainsi possible de comparer les intensités de sons frappant les deux côtés du bâtiment. En modifiant ensuite la direction du bateau jusqu'à ce que les deux microphones soient également influencés, on peut arriver à déterminer la direction suivant laquelle les sons sont émis.

OPTIQUE. — *La translation de la Terre et les phénomènes optiques dans un système purement terrestre*. Note de M. G. Sagnac, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une Note récente (p. 1662 de ce Volume), M. L. Giuganino prévoit théoriquement que la translation de la Terre produit un effet du premier ordre sur les interférences lumineuses dans l'hypothèse d'un éther non entraîné par la Terre (*hypothèse de Fresnel*), et il montre comment cet effet serait observable, sans avoir besoin d'emprunter la lumière des astres.

Son raisonnement devient inexact à partir du moment (p. 1663, ligne 8) où il admet que la vitesse absolue de la lumière dans une lame de verre suivant la direction du mouvement de la Terre est la même que si la Terre était immobile.

I. Pour avoir dans les questions de cette nature la vue la plus directe, il convient de partir non pas de la considération des *vitesses de propagation*, mais de celle des *durées de propagation*.

J'ai montré que la durée de propagation T, ou $\frac{l}{V}$, le long d'un cylindre de longueur déterminée l, d'abord au repos, est augmentée, quand le

cylindre fuit avec la vitesse v devant la lumière, d'une durée ΔT (*effet de mouvement*) *indépendante de la matière qui remplit le cylindre; cette durée* ΔT *est la même que si le cylindre était vide de toute matière*, de sorte que, si V_0 désigne la vitesse de la lumière dans le vide, la valeur de ΔT est

$$(1) \qquad \Delta T = \frac{lv}{V_0^2}.$$

Cette *loi de l'effet élémentaire de mouvement* est établie en considérant seulement les effets du premier ordre et en supposant la matière transparente formée de particules isolées qui baignent dans un milieu identique à l'éther du vide et qui n'entraînent pas cet éther du vide dans leur mouvement général de translation (*Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 818; *Société française de Physique*, année 1899, p. 162).

On voit que, si l'épaisseur l, d'abord vide, est ensuite occupée par de l'air ou par une lame de verre (dans l'expérience de M. Giuganino, la lame de verre L_2), rien ne sera changé dans l'influence du mouvement de la Terre, contrairement à ce que pense M. Giuganino. Telle est la manière la plus simple de discuter la question.

II. M. Giuganino ayant considéré les vitesses de propagation, je vais reprendre la question sous cette nouvelle forme :

Nous considérons la durée de propagation le long d'une règle ou d'un cylindre de longueur déterminée l. Au repos, V désigne la vitesse de la lumière [1] dans le verre d'indice n $\left(\text{ou } \frac{V_0}{V}\right.$, en appelant V_0 la vitesse dans le $\left.\text{vide}\right)$.

Quand on considère la propagation dans la direction du mouvement de la Terre qui emporte le milieu d'indice n, deux questions différentes se posent :

1° Supposons d'abord la règle où le *cylindre de propagation* emporté avec la vitesse v de la Terre, c'est-à-dire avec le milieu optique considéré. Nous considérons alors la durée de propagation sur la longueur l du cylindre rempli par le milieu d'indice n. Partons de la *loi* (1) *de l'effet de mouvement*. Cette durée est

$$(1') \qquad T + \Delta T = \frac{l}{V} + \frac{lv}{V_0^2}.$$

---

[1] Il vaudrait mieux, avec M. Gouy, employer ici l'expression : *vitesse de propagation de la phase des vibrations lumineuses*.

La vitesse de propagation correspondante, comptée sur la règle, est aussi comptée relativement au milieu. C'est $\frac{l}{T+\Delta T}$ ou

$$(1'') \qquad U = V - \frac{v}{n^2}.$$

On voit que la différence entre l'ancienne vitesse V et la nouvelle U dépend de l'indice n, tandis que la différence ΔT correspondante n'en dépend pas.

2° Supposons la règle ou le cylindre de longueur l invariablement lié aux axes par rapport auxquels est définie la vitesse v du milieu. Soit V' la vitesse de propagation dans le milieu, toujours comptée par rapport à la règle ou au cylindre. C'est la vitesse absolue que considère M. Giuganino. C'est, dans le cas de l'expérience de Fizeau, la *vitesse de la propagation de la phase dans l'eau en mouvement comptée par rapport au tube fixe de Fizeau.*

Il est évident que si le milieu, l'eau du tube de Fizeau, fuit devant la lumière, la vitesse V' est

$$(2) \qquad V' = U + v = V + v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right);$$

$v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ est la vitesse dite « d'entraînement des ondes par l'eau en mouvement » dans l'expérience de Fizeau.

L'hypothèse faite par M. Giuganino revient à négliger la différence entre V' et V, c'est-à-dire la vitesse d'entraînement qui produit l'effet Fizeau.

De la formule (2) on peut déduire la durée T' de propagation le long du tube de Fizeau

$$(2') \qquad T' = \frac{l}{V'} = T - \frac{Lv}{V_0^2}(n^2 - 1),$$

formule que j'ai directement et plus simplement établie en partant de la loi de l'effet de mouvement (*loc. cit.*). Cette formule donne immédiatement le nombre x d'interfranges dont le quadruple représente le déplacement observé dans l'expérience d'interférence de Fizeau

$$(2'') \qquad x = \frac{T - T'}{\theta} = \frac{Lv}{\lambda V_0}(n^2 - 1)$$

(θ période, λ longueur d'onde correspondante ou $V_0\theta$).

Réciproquement si l'on admet l'une des dernières formules, c'est-à-dire la loi de Fresnel-Fizeau, relative à la propagation de la phase vibratoire lumineuse dans un milieu en mouvement, en reprenant le raisonnement en sens inverse, on retrouve la loi (1) de l'effet de mouvement qui s'oppose à la réussite de l'expérience de M. Giuganino.

Je me permets de rappeler que, de cette loi fondamentale (1) établie d'une manière très intuitive (*loc. cit.*), j'ai déduit l'explication très simple de l'effet Fresnel-Fizeau (*loc. cit.*), la loi de l'aberration des étoiles (*Comptes rendus*, t. 141, p. 1220), l'impossibilité d'observer un effet de l'ordre de l'aberration, dû au mouvement de la Terre, dans un système optique purement terrestre, tant qu'on admet l'hypothèse de Fresnel (éther du vide non entraîné) (*loc. cit.*), ou, d'une manière plus générale, tant qu'on admet que le mouvement relatif de l'éther du vide est irrotationnel (*Comptes rendus*, t. 152, p. 310). Mes conclusions établies indépendamment de la théorie électromagnétique sont celles de la théorie électromagnétique (H.-A. Lorentz). J'ai dit ailleurs (*Société de Physique*, année 1899, p. 174), quel intérêt il y a de pouvoir raisonner sur des cas limités en éliminant toutes les hypothèses non strictement nécessaires.

Dans le dernier travail (*Comptes rendus*, t. 152, p. 310, et *Le Radium*, 1911, p. 1) j'ai établi par une expérience d'un nouveau genre une limite supérieure du degré de rotationalité (densité du tourbillon) du mouvement relatif de l'éther et de la Terre et montré ainsi la grande précision avec laquelle est satisfaite, dans l'air, une hypothèse plus générale que l'hypothèse de Fresnel.

La théorie de M. Giuganino faite en partant de l'hypothèse de Fresnel la contredit ensuite formellement.

OPTIQUE. — *Sur la mesure des intensités des diverses radiations d'un rayonnement complexe.* Note de MM. **H. Buisson** et **Ch. Fabry**, présentée par M. G. Lippmann.

Le rapport des intensités de deux radiations de longueurs d'onde différentes ne peut être correctement défini que par le rapport des quantités d'énergie qu'elles transportent, dont la mesure s'obtient par des expériences bolométriques en déterminant les quantités de chaleur dégagées par unité de temps lorsque ces radiations sont absorbées. Une telle mesure, faite sur un rayonnement complexe, donne la somme des intensités des radiations

qui le composent. Pour avoir la part qui revient à chacune d'elles, on est amené à les séparer au moyen d'un spectroscope. La nécessité d'employer un récepteur bolométrique linéaire, la faible quantité d'énergie qu'il reçoit, l'inégal affaiblissement exercé par le spectroscope sur les diverses radiations rendent assez délicat l'emploi de cette méthode. Aussi, les mesures de cette espèce sont-elles très peu nombreuses, en dehors de la région infrarouge. C'est ainsi qu'on ne connaît presque rien sur l'énergie correspondant à l'ultraviolet du rayonnement solaire.

La nouvelle méthode que nous allons exposer consiste à mesurer l'intensité totale du rayonnement après passage à travers des absorbants modifiant d'une façon connue chacune des radiations.

Lorsqu'une radiation monochromatique d'intensité A traverse une épaisseur z d'une substance absorbante, son intensité devient Ae^{-mz}. Pour un rayonnement complexe formé de radiations simples d'intensités A_1, A_2, etc., l'intensité totale, après passage à travers l'épaisseur z, sera

$$I = A_1 e^{-m_1 z} + A_2 e^{-m_2 z} + \ldots.$$

Si les valeur des constantes m sont connues, la mesure de l'intensité totale I donne une relation du premier degré entre les intensités A des diverses radiations. On obtiendra autant d'équations qu'on voudra soit en faisant des expériences sur diverses épaisseurs z, soit en employant différents absorbants.

Chacun des coefficients d'absorption m, relatif à une radiation simple, est obtenu par une mesure de transparence faite en lumière monochromatique par les procédés ordinaires de la photométrie, visuelle, photographique ou bolométrique.

Les équations se simplifient par un choix convenable des absorbants qui peuvent, par exemple, être complètement opaques pour certaines radiations et parfaitement transparents pour d'autres. Le cas le plus favorable serait celui où chaque absorbant ne laisserait passer qu'une seule radiation. On peut aussi simplifier le rayonnement total en lui faisant traverser un absorbant fixe qui élimine certaines radiations, et étudier ensuite celles qui subsistent.

Dans l'application de cette méthode on peut utiliser des flux d'énergie notables, et l'on n'a pas besoin d'un appareil bolométrique aussi sensible que lorsque les radiations sont séparées par un spectroscope. L'emploi d'un d'un récepteur linéaire n'est pas nécessaire.

Nous nous sommes servis d'une pile thermo-électrique reliée à un galva-

nomètre à cadre mobile. Un rayonnement de $1,95 \times 10^{-6}$ watt par centimètre carré donnait une déviation de 1^{mm} sur l'échelle du galvanomètre. Pour éliminer l'influence des réflexions et des réfractions sur les faces des cuves absorbantes on comparait l'énergie transmise par les cuves à celle qui passait à travers des épaisseurs égales de liquides transparents.

Nous avons étudié par cette méthode le rayonnement des lampes en quartz à vapeur de mercure. On peut, dans le rayonnement de la lampe, établir un certain nombre de groupes au moyen d'absorbants convenables. Une couche d'eau de 2^{cm} absorbe complètement le rayonnement infrarouge de la lampe sans affaiblir les autres radiations. Une solution de chromate de potassium laisse subsister seulement les radiations verte jaunes et rouges, dont le partage est ensuite fait en utilisant l'absorption de cuves d'éosine et de fuchsine. Les radiations 4358, 4046 et 3660 sont mesurées en utilisant l'absorption par du pétrole, une dissolution de sulfate de quinine et une dissolution étendue de chromate de potassium. L'absorption par le verre et par différentes solutions d'acide oxalique permet d'obtenir les intensités des radiations de plus faible longueur d'onde.

Les résultats suivants se rapportent au rayonnement émis par une lampe Heraeus à faible régime électrique (longueur du tube de quartz 6^{cm}; intensité du courant 3,5 ampères ; tension aux bornes 27 volts ; puissance consommée dans la lampe 95 watts). Les intensités, mesurées dans la direction normale à l'axe de la lampe, sont exprimées en prenant comme unité l'intensité de la radiation verte.

Rayonnement total (y compris l'infrarouge)	60
Rouge	0,13
5769 et 5790	0,49
5460	1,00
4358	0,88
4046	0,64
Groupe 3660	0,41
Groupe 3130	0,79
2536	0.32

De ces valeurs relatives des intensités on peut déduire les valeurs absolues au moyen des résultats suivants : à 1^{m} de la lampe, dans la direction déjà indiquée, la radiation 5460 donne $0,583 \times 10^{-5}$ watt par centimètre carré, et le rayonnement total 35×10^{-5} watt par centimètre carré.

D'autre part, l'intensité du rayonnement de la lampe n'est pas le même dans toutes les directions, et nous avons trouvé que le rapport entre l'intensité sphérique moyenne et l'intensité dans la direction normale était d'environ 0,8. Il devient alors facile de calculer le rayonnement de la

lampe dans tout l'espace pour chacune des radiations. On trouve ainsi que la lampe rayonne 0,58 watt sous forme de radiation 5460, et 35 watts pour l'ensemble de ses radiations. Les radiations verte et jaunes, à peu près seules utiles pour l'éclairage, correspondent à une puissance rayonnée de 0,9 watt.

La différence entre les 95 watts électriquement fournis à la lampe et les 35 watts de rayonnement global représente la perte par convection dans l'air.

OPTIQUE. — *Sur les vitesses des circulaires inverses dans la polarisation rotatoire.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

L'interprétation de Fresnel, relative à la polarisation rotatoire, fournit une première relation, entre les vitesses G et D des deux circulaires que le quartz propagerait suivant son axe. Cornu [1] a cherché à obtenir expérimentalement une deuxième équation

$$\frac{G+D}{2}=W, \tag{1}$$

où W est la vitesse de l'onde ordinaire perpendiculaire à l'axe; et, pour établir cette relation, il a eu recours à deux sortes d'observations fondées, les unes sur le dédoublement d'un rayon en deux autres, de part et d'autre de l'axe, par un prisme de quartz convenablement taillé, les autres sur un procédé interférentiel, par l'emploi d'un biquartz à axes croisés.

Mais M. Gouy [2] avait indiqué, pour interpréter la double réfraction circulaire de Fresnel, une théorie de laquelle il résulte que, pour une onde traversant suivant l'axe un prisme d'angle ω, la déviation du plan de polarisation due au pouvoir rotatoire ρ, produit nécessairement un dédoublement de l'onde en deux autres, et leur écart par rapport à une onde dont le plan de polarisation n'aurait pas tourné a deux valeurs égales et de signes contraires données par $\pm\frac{\lambda.\rho.\tan g\omega}{2\pi}$.

Ce dédoublement symétrique s'explique donc comme *un phénomène de diffraction d'un genre particulier* et ne peut être invoqué à l'appui de la relation citée plus haut.

---

[1] *Journal de Physique*, 2e série, t. I, 1882, p. 157.
[2] *Comptes rendus*, t. 90, p. 992 et 1121.

J'ai cherché si l'expérience faite par le dispositif interférentiel permettait de maintenir les mêmes conclusions. On y serait en effet conduit en considérant l'onde incidente comme constituée par deux circulaires, dont les vitesses seraient D et G dans l'un des quartz, W_d et W_g dans l'autre quartz, taillé parallèlement à l'axe (les deux valeurs W_d et W_g étant d'ailleurs égales entre elles) et en groupant ces circulaires fictifs pour envisager leurs interférences.

Pour obtenir une interprétation plus générale, remarquons qu'une vibration polarisée traverse l'une des parties du biquartz avec une vitesse égale soit à O soit à E, en gardant sa direction de vibration dans le quartz parallèle à l'axe, tandis que dans l'autre, où elle suit la direction de l'axe, elle tourne en même temps d'un angle θ. Considérons la vibration ordinaire; en un point où le retard géométrique est δ, on a, indépendamment de toute hypothèse, à combiner deux mouvements vibratoires faisant entre eux un angle θ et présentant un retard δ; il en résulte une vibration elliptique, qui, avec ces constituants *non rectangulaires entre eux*, donne une intensité exprimée en général par

$$(2) \qquad a^2 + a'^2 + 2aa' \cos\theta \cos\frac{2\pi\delta}{\lambda},$$

ce qui fournit ici

$$1 + \cos\theta\cos\frac{2\pi\delta}{\lambda},$$

ou

$$1 + \frac{1}{2}\cos\left(\theta - \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right) + \frac{1}{2}\cos\left(\theta + \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right),$$

ou, enfin,

$$(3) \qquad \cos^2\left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi\delta}{\lambda}\right) + \cos^2\left(\frac{\theta}{2} + \frac{\pi\delta}{\lambda}\right).$$

Avec la lumière blanche, on aura une somme Σ de termes semblables, et d'ailleurs, en un point déterminé, δ est un retard géométrique indépendant de la couleur, tandis que θ est une fonction de λ. Cette dépendance empêche en général de voir les franges en lumière blanche, sauf en certaines régions où se manifeste une concordance particulière. Or, soit qu'on fasse intervenir la considération de la frange achromatique, dans l'équation (3) qu'on simplifie en envisageant séparément les deux termes principaux, soit qu'on applique à l'équation (2) une théorie plus précise, que j'exposerai ultérieurement au sujet de cette concordance, on obtient comme

condition de visibilité en lumière blanche

$$\frac{\pi\delta}{\lambda} = \pm\theta \quad [1],$$

pour la région moyenne du spectre ; on en conclut à l'existence de deux groupes de franges *qui sont toujours également déplacées de part et d'autre de la droite de symétrie*, sans que cette égalité de déplacement entraîne une relation pour les quantités telles que G ou D, qui n'interviennent pas dans cette équation.

La considération de la vibration extraordinaire conduit à des conclusions analogues, mais alors δ comprend, en dehors du retard géométrique, un terme de la forme $(n' - n)e$; les deux systèmes sont rejetés sur le côté et à égale distance de part et d'autre du système latéral qu'on obtiendrait en remplaçant, dans le bilame, le quartz perpendiculaire à l'axe par un quartz parallèle dont l'axe serait croisé avec l'autre.

Les quatre systèmes de franges sont donc distincts et se produisent si l'on emploie la lumière naturelle ; mais, à cause de l'étroitesse du champ commun, on ne peut guère les observer simultanément, à moins d'employer un biquartz de faible épaisseur, auquel cas, ils forment deux groupes, l'un au voisinage du centre, l'autre sur le côté, chacun de ces groupes étant élargi par le voisinage de deux systèmes contigus, ainsi que je l'ai vérifié avec le bilame que M. Pellin a construit sur mes indications.

PHYSIQUE. — *Sur quelques théorèmes généraux de Mécanique et de Thermodynamique*. Note de M. L. BLOCH, présentée par M. E. Bouty.

I. Lord Rayleigh a énoncé les deux théorèmes suivants [2] : Soit un système mécanique au voisinage d'une position d'équilibre stable. Désignons par V l'énergie potentielle, par Ψ_i et ψ_i les forces et les déplacements (généralisés) comptés à partir de cette position, de façon qu'on ait

$$2V = \Psi_1\psi_1 + \Psi_2\psi_2 + \ldots + \Psi_n\psi_n. \tag{1}$$

THÉORÈME I. — *Si* $\Psi_1, \Psi_2, \ldots, \Psi_n$ *sont donnés, la position d'équilibre prise*

---

[1] Au lieu de $\frac{\pi d}{\lambda} = \pm\frac{\theta}{2}$ que donnerait la considération de la frange centrale à laquelle on se bornait autrefois.

[2] Lord RAYLEIGH, *Theory of Sound*, 2e éd., t. I, p. 94.

par le système correspond à une valeur de V plus grande *que pour toute autre position d'équilibre en présence des mêmes forces assistées de liaisons.*

Théorème II. — *Si* $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_r$ *sont donnés* $(r < n)$, *la position d'équilibre qui correspond à l'énergie potentielle* la plus petite *est celle pour laquelle* $\Psi_{r+1} = \Psi_{r+2} = \ldots = \Psi_n = 0$.

II. Les deux propositions de lord Rayleigh sont des cas particuliers d'un théorème général :

Si l'on se donne r relations quelconques entre les ψ_i et les Ψ_i $(r < n)$

$$(2) \qquad f_1 = 0, \quad f_2 = 0, \quad \ldots, \quad f_r = 0,$$

il existe une déformation privilégiée correspondant à un minimum de l'énergie potentielle. Toute autre déformation du système nécessite une dépense d'énergie qui surpasse la précédente d'une quantité égale à l'énergie de la différence des deux déformations.

Soient

$$(3) \qquad F_{r+1} = 0, \quad F_{r+2} = 0, \quad \ldots, \quad F_n = 0$$

les équations qui, associées à (2), définissent l'état privilégié. Convenons de dire que, si les conditions (3) sont satisfaites, les *modifications intérieures* correspondant aux *modifications extérieures* (2) sont *entravées*. Le théorème s'énonce alors :

Si un système est assujetti à des modifications *extérieures* données, l'équilibre le plus stable est atteint par une transformation où l'on entrave les modifications *intérieures* correspondantes.

III. Le théorème précédent et les théorèmes de lord Rayleigh peuvent s'étendre du cas de la Mécanique au cas de la Thermodynamique. Il suffit de remarquer que dans ce cas l'*énergie utilisable* A joue le même rôle que l'*énergie potentielle* V.

La condition nécessaire et suffisante de l'équilibre pour un système dont toutes les transformations sont réversibles est que l'énergie utilisable A soit maximum ou minimum.

Si A est effectivement *maximum*, on peut, en suivant une marche analogue à celle de Lejeune-Dirichlet, démontrer que l'équilibre est *stable*, c'est-à-dire faire voir que le système soumis à une perturbation infiniment petite s'écarte très peu de sa première position. En particulier, on peut

trouver une limite supérieure, infiniment petite, des vitesses mécaniques $\frac{d\psi}{dt}$ et de la vitesse thermique $\frac{dQ}{dt}$.

La condition de stabilité énoncée ci-dessus demeure suffisante, d'après le principe de Carnot, s'il existe des transformations irréversibles.

IV. Les théorèmes de lord Rayleigh, étendus à un système thermodynamique, peuvent s'énoncer ainsi :

La *compressibilité* d'un système $\frac{\Delta_2 A}{\Delta p^2}$, sa *capacité calorifique* $\frac{\Delta_2 A}{\Delta T^2}$ sont *plus grandes* lorsqu'on laisse se produire les modifications intérieures que lorsqu'on les entrave.

L'*extensibilité* d'un système $\frac{\Delta_2 A}{\Delta v^2}$, sa *capacité entropique* $\frac{\Delta_2 A}{\Delta S^2}$ sont *plus grandes* lorsqu'on laisse se produire les modifications intérieures que lorsqu'on les entrave. Il s'ensuit que la *compressibilité*, la *capacité calorifique* sont *le plus petites* dans ces conditions.

V. On peut également étendre à tout système thermodynamique en équilibre stable deux Corollaires établis par lord Rayleigh dans le cas de la Mécanique.

A forces données (p, T, ... donnés), toute altération du système dans le sens d'une diminution d'énergie conduit à une nouvelle position d'équilibre *moins stable*.

A déplacements donnés (v, S, ... donnés), toute altération du système dans le sens d'une diminution d'énergie conduit à une nouvelle position d'équilibre *plus stable*.

VI. Si l'on décompose d'une manière arbitraire l'énergie utilisable en une somme de deux termes que nous appellerons (A) et (B), on démontre facilement la loi de réciprocité suivante :

Si l'on fixe à l'avance le travail (α) qui doit être fourni par les termes de première catégorie (A), l'équilibre le plus stable sera atteint pour une déformation où les termes (B) fourniront un travail (β).

Réciproquement, si l'on fixe (β), l'équilibre le plus stable sera obtenu en général pour une déformation où les termes de première catégorie fourniront le travail (α).

VII. Les résultats énoncés aux paragraphes II et IV peuvent être rappro-

chés de ceux qui ont été trouvés par Gouy (¹) et par Le Chatelier (²). Ils doivent être rapprochés surtout des théorèmes généraux formulés par Raveau (³).

PHYSIQUE. — *Sur les rayons cathodiques produits à l'intérieur des lampes à incandescence.* Note (⁴) de M. L. **Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai décrit, dans une Communication antérieure (⁵), quelques phénomènes produits par un filament de carbone incandescent placé dans un récipient où la pompe à vide n'a laissé subsister que des traces de mercure; ces effets, sauf l'action du champ magnétique, paraissaient attribuables à l'ionisation du mercure par les électrons émanés du filament. J'ai pu depuis, à l'aide d'un dispositif analogue à celui qui sert à reproduire les rayons canaux, obtenir un véritable pinceau de radiations qui obéit, comme les rayons cathodiques, aux lois de l'électromagnétisme.

L'ampoule A d'une lampe de 50 volts, 32 bougies, communique par un tube T, de diamètre égal à 1^{cm}, avec le récipient B long de 12^{cm} et large de 5^{cm}. Un fil de platine, enroulé en hélice (invisible sur la figure), occupe l'intérieur de T et peut être maintenu à un potentiel supérieur de V volts au potentiel moyen du filament incandescent. Dans ces conditions, et pour une valeur de V comprise entre 100 et 200 volts, on peut obtenir, après un vide très poussé, un pinceau lumineux nettement défini qui se propage à partir du tube T dans le récipient B. Il n'est plus nécessaire, comme pour les expériences antérieures, de survolter la lampe; toutefois, l'obtention du pinceau exige un réglage assez précis : il existe, en effet, deux régimes distincts, dont le plus stable correspond à une lueur diffuse qui remplit tout l'espace B, sauf le voisinage immédiat des parois, et dont l'autre donne un pinceau dirigé à travers le tube T; en réalité, il existe encore, dans ce deuxième cas, une faible lueur diffusée dans B.

Le pinceau lumineux ainsi obtenu est très sensible à l'aimant; le champ terrestre suffit à lui donner une courbure très nette; on a donc affaire à des

---

(¹) Gouy, *Journal de Physique*, 1889, p. 501.

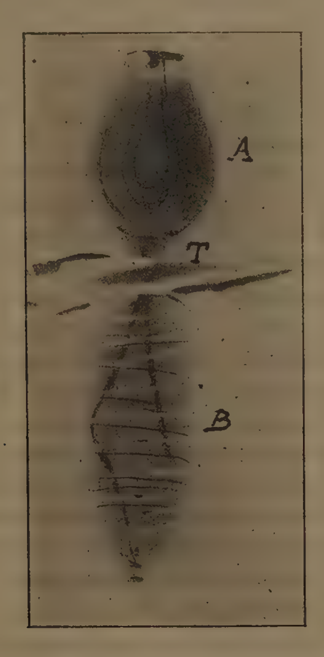
(²) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. **99**, 1884, p. 786.

(³) C. Raveau, *Comptes rendus*, t. **148**, 1909, p. 767, et *Journal de Physique*, t. VIII, 1909, p. 572.

(⁴) Présentée à la séance du 19 juin 1911.

(⁵) *Comptes rendus*, 8 mai 1911, p. 1240.

électrons projetés à l'intérieur de B sous l'action du champ électrique produit par la différence de potentiel V. La vitesse v de ces électrons, calculée par l'équation $10^8 \mathrm{V}e = \frac{1}{2} mv^2$, est voisine de 5000 km : s; évaluée d'après le rayon de courbure du pinceau et la valeur du champ magnétique, elle ne dépasse guère 1000 km : s. La différence entre ces deux résultats suggère l'existence, à l'intérieur de B, d'un champ électrique antagoniste, dû probablement aux électrons eux-mêmes, et qui ralentit la vitesse qu'ils avaient



acquise en arrivant dans le tube T; nous verrons tout à l'heure que l'existence de ce champ a été constatée expérimentalement.

J'ai alors essayé d'uniformiser le potentiel à l'intérieur de B en y introduisant un fil d'aluminium, enroulé en hélice contre sa paroi intérieure, et relié au fil de platine; c'est dans ces conditions qu'a été obtenue la photographie ci-dessus; le champ magnétique $\mathrm{H} = \pm 0,92$ gauss est produit par une large bobine; on photographie sur une même plaque les deux positions du pinceau correspondant au renversement du courant dans la bobine; les rayons de courbure mesurés, sur cette photographie, ont pour

valeur $11^{cm},4$ et $22^{cm},8$ de telle sorte qu'en désignant par X la composante horizontale du champ terrestre [1] et en prenant

$$\frac{e}{m} = 1,86 \times 10^7,$$

on a

$$v = (0,92 + X) \times 11,4 \times 1,86 \times 10^7,$$
$$v = (0,92 - X) \times 22,8 \times 1,86 \times 10^7.$$

D'où l'on tire $X = 0,31$ (une mesure directe au fluxmètre a donné 0,28)

$$v = 26 \times 10^7 = 2600 \text{ km : sec.}$$

Mais la vitesse v, calculée d'après la chute moyenne de potentiel $V = 176$ volts, atteint 8100 km : s de sorte que la suppression du champ intérieur n'a pas été obtenue par ce procédé.

D'ailleurs, en reliant à un électromètre diverses électrodes placées à l'intérieur de B, on a constaté : 1° que l'espace B prend le potentiel du filament de charbon tant que la lueur n'y pénètre pas; 2° qu'il prend, dès que la lueur y pénètre, un potentiel variable inférieur à celui du platine : on voit, d'après cela, que les électrons qui pénètrent dans B y établissent un état électrique qu'on n'est pas libre de modifier à volonté.

Cette constatation explique l'insuccès des tentatives faites en vue de dévier le pinceau par un champ électrostatique : le récipient B avait été muni de deux larges électrodes, planes et parallèles, distantes de 3^{cm}, maintenues, l'une au même potentiel que le fil de platine, l'autre à un potentiel peu différent; dans ces conditions, une différence de potentiel de 4 volts entre les deux plateaux s'est montrée sans action sur le pinceau lumineux; elle aurait dû produire une forte déviation si elle avait établi un champ uniforme, mais il est probable que ce champ était, au contraire, localisé au voisinage immédiat des électrodes.

En résumé, les effets décrits ci-dessus paraissent dus exclusivement aux électrons émanés du filament de carbone qui peuvent, ou bien être projetés dans B suivant un pinceau défini, ou bien se répandre dans tout l'espace B où ils oscillent, à la manière des molécules gazeuses, suivant des trajectoires incoordonnées, en créant un champ électrique intérieur localisé surtout au voisinage des parois; c'est pourquoi la vitesse de ces électrons incoordonnés s'abaisse, contre ces parois, au-dessous de la valeur nécessaire pour ioniser le mercure; de plus, un champ magnétique ne produit d'effet directeur que

(1) On s'était arrangé de telle sorte que le champ H de la bobine fût parallèle à X.

sur le pinceau formé d'électrons animés de mouvements parallèles; il ne peut pas produire de déviation d'ensemble sur les électrons en mouvement incoordonné: c'est à ce dernier cas que s'appliquent les résultats de ma dernière Note.

Je signalerai, en terminant, une propriété curieuse du pinceau déviable à l'aimant, propriété très visible sur toutes les photographies : c'est une *réflexion* de ce pinceau lorsqu'il rencontre, soit la paroi de verre du récipient B soit un plateau métallique intérieur à ce récipient et relié au fil de platine T. Il ne paraît pas impossible que les électrons animés de vitesses faibles rebondissent contre les parois, alors que des électrons plus rapides, comme ceux des ampoules radiographiques, pénètrent dans la masse même du verre où ils produisent les actions chimiques que tout le monde connaît.

ÉLECTRICITÉ. — *Éclairage à incandescence réalisant une économie très notable sur les lampes à filament de charbon.* Note de M. **Dussaud**, présentée par M. Branly.

Je fais passer un courant d'environ 16 volts et $1^{amp},3$ à travers un fil fin de tungstène, enroulé en solénoïde, qui occupe un espace de 30^{mm^3}.

Avec ces 20 watts, *sans survoltage* (à l'inverse d'expériences précédentes) [1], j'obtiens le même éclairement pratique qu'avec environ 400 watts et des lampes à filament de charbon ; la dépense est donc rendue vingt fois moindre. J'ai utilisé cette lumière pour un éclairage usuel, soit en employant le secteur, soit en employant une petite pile.

En disposant, d'autre part, pour les projections, un système optique à foyer ultra-court devant ma source lumineuse de 30^{mm^3} qui ne l'échauffe pas sensiblement, j'obtiens avec environ 20 watts, *sans survoltage*, le même éclairage utilisable qu'avec un arc de 4000 watts qui exige des systèmes optiques à foyer beaucoup plus long ; l'économie est ici de 200 fois. Cet éclairage supprime tout danger dans l'application aux cinématographes, aux projections de clichés ou corps opaques inflammables, aux préparations microscopiques vivantes les plus délicates, à l'étude de la main rendue transparente, à des phares qui peuvent être constitués par une lentille de petit diamètre, à très court foyer.

J'ajoute que, pour éviter l'affaissement de mon solénoïde incandescent,

---

[1] Voir *Comptes rendus*, séances du 13 mars et du 18 avril 1911.

j'ai trouvé commode de le placer dans un champ magnétique approprié; cela ne complique que très peu le dispositif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'effluve sur le gaz ammoniac sec et humide.* Note de M. A. **Besson**, présentée par M. Troost.

L'effluve réagissant sur des composés hydrogénés ou sur certains systèmes renfermant des composés hydrogénés, tend à produire des condensations ou décompositions avec mise en liberté d'hydrogène; un nouvel exemple de ce mode d'action de l'effluve est fourni par la façon dont elle se comporte vis-à-vis du gaz ammoniac.

Dans une première expérience, nous avons fait passer à travers quatre tubes à effluves en quartz, placés bout à bout, un lent courant de gaz ammoniac desséché sur une longue colonne de potasse fondue; au sortir de l'appareil à effluves, le gaz traversait un réfrigérant refroidi par un mélange de glace et de sel (dans lequel il ne s'est rien condensé) puis était recueilli sur la cuve à eau où il laissait un résidu non absorbable formé d'azote et d'hydrogène. Le gaz AzH^3 avait donc été partiellement décomposé sous l'action de l'effluve en Az et H comme il l'est sous l'action de la chaleur et des étincelles électriques; la formation de produits de condensation tels que l'hydrazine pouvait n'être que trop minime pour permettre sa condensation au sein du mélange réfrigérant.

Dans les essais ultérieurs, nous avons entraîné le gaz ammoniac par un courant continu d'hydrogène pur et sec et avons absorbé les gaz absorbables soit dans une solution acide chlorhydrique ou simplement par de l'eau contenue dans un laveur à quatre éléments reproduisant un dispositif analogue aux tubes Otto pour distillation fractionnée.

Le rôle dévolu à l'hydrogène était à la fois de diluer AzH^3 et d'éviter le reflux vers les appareils à effluves de la vapeur d'eau issue du liquide absorbant; les deux parties de l'appareil étaient d'ailleurs reliées par un tube d'environ 2^m de longueur. La solution acide chlorhydrique, employée tout d'abord comme absorbante, fut abandonnée à cause de la grande quantité de chlorure d'ammonium formé; l'emploi de l'eau était justifié par la stabilité bien connue de l'hydrate d'hydrazine qui bout vers 120°. C'est dans ces conditions que fut faite une expérience qui fut poursuivie pendant une semaine sans interruption avec un débit moyen d'environ 35^l AzH^3 par 24 heures.

La solution aqueuse soumise à la distillation à la pression atmosphérique

perd d'abord beaucoup de gaz ammoniac, et son point d'ébullition s'élève progressivement jusqu'à 100°, température à laquelle elle se maintient presque jusqu'au bout de la distillation; ce n'est qu'à la fin que la température de distillation s'élève et atteint 105°; les dernières gouttes de liquide distillé possèdent des propriétés réductrices très marquées, notamment vis-à-vis de la solution de sulfate de cuivre. Cette constatation nous a conduit à admettre la formation d'une minime quantité d'hydrazine Az^2H^4 dans l'action de l'effluve sur le gaz ammoniac sec dilué dans de l'hydrogène; nous aurions voulu pouvoir identifier d'une façon plus certaine le corps formé, mais la minime quantité obtenue a été un obstacle à la satisfaction de ce désir. Notamment, on pourrait objecter que le gaz réputé sec pouvait renfermer des traces d'humidité, ce qui pourrait conduire à la formation d'hydroxylamine; nous allons voir que cette objection pourrait être fondée.

En dirigeant, à travers un tube à effluves en quartz, du gaz AzH^3 et de la vapeur d'eau fournie par passage du gaz à travers un laveur à eau chauffé au bain de valvoline vers 110°, on recueille un liquide qui, distillé dans le vide pour le débarrasser du gaz AzH^3 qu'il tient en dissolution, présente une action réductrice très marquée (SO^4Cu).

La solution neutralisée par HCl et évaporée à sec laisse une quantité sensible d'un sel blanc qui présente tous les caractères du chlorhydrate d'hydroxylamine; la réaction produite sous l'action de l'effluve peut donc se formuler:

$$AzH^3 + H^2O = 2H + AzH^2.OH.$$

Nous pensions que la formation d'hydroxylamine pourrait également s'observer dans l'action de l'effluve sur un mélange d'oxygène et d'un excès de gaz AzH^3, la formation d'eau dans cette réaction devant réaliser au moins partiellement les conditions de l'expérience précédente; il n'en est rien.

Tout d'abord, il convient de prendre quelques précautions dans l'adduction du mélange des gaz AzH^3 et O à l'appareil à effluves, afin d'éviter que de petites explosions qui prennent leur origine dans le tube à effluves se transmettent dans les parties antérieures de l'appareil; nous y sommes parvenu en amenant le mélange gazeux par un tube assez fin dont l'orifice était coiffé d'une toile métallique en platine afin d'empêcher la propagation de l'onde explosive [1].

---

[1] Malgré les précautions prises, une dernière expérience, dans laquelle on employait un excès d'oxygène, fut interrompue au bout de plusieurs heures de marche par une violente explosion qui détruisit le tube à effluves et les appareils de conden-

Le liquide aqueux condensé ne présente pas les réactions réductrices caractéristiques de l'hydroxylamine, même en opérant en présence d'un excès de gaz AzH^3; par contre, il renferme en notable proportion, surtout quand on opère en présence d'une quantité suffisante d'oxygène, des azotite et azotate d'ammonium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un mode de contrôle optique des analyses magnétochimiques*. Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. E. Bouty.

Drude [1], dans sa théorie électronique de la lumière, a donné à la formule de dispersion de Ketteler-Helmholtz la forme

$$n^2 = 1 + \frac{1}{\pi} \sum_1^p \frac{\mathfrak{N}_i e_i^2}{m_i\left(\frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda_i^2}\right)},$$

où $\mathfrak{N}_i$ représente le nombre par centimètre cube de centres de masse m_i portant la charge e_i et capables d'absorber par résonance les radiations de longueur d'onde λ_i.

Si on localise l'emploi de cette formule aux régions du spectre éloignées de l'infrarouge, on peut lui donner l'expression plus simple

$$n^2 = 1 - k\lambda^2 + \frac{e^2}{\pi m} \sum_1^{p'} \frac{\mathfrak{N}_i}{\frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda_i^2}},$$

dans laquelle la somme s'étend aux p' électrons produisant par résonance l'absorption dans l'ultraviolet.

Si l'on pose alors $r = n^2 - 1 + k\lambda^2$ et si l'on appelle M et d les masses moléculaire et spécifique du corps d'indice n, on peut calculer une limite inférieure N très approchée du nombre p' d'électrons influençant l'indice, grâce à la formule

$$N = 1841.10^{-14} \frac{M}{d} \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \left(\frac{1}{\lambda_1^2} - \frac{1}{\lambda_2^2}\right),$$

sation qui se trouvaient à sa suite, tout en respectant la partie antérieure de l'appareil protégée par la toile métallique en platine; dès lors, il me semble que cet accident eût été évité en munissant également d'une toile métallique l'orifice de sortie du tube à effluves.

[1] Drude, *Ann. der Physik*, t. 14, 1904, p. 677.

λ_1 et λ_2 étant deux longueurs d'onde particulières pour lesquelles on a mesuré l'indice, par exemple celles des raies F et H_γ.

Chose remarquable, ce nombre N est souvent très voisin de la somme V des valences des atomes constituant la molécule, au moins dans les cas simples. — Quand l'écart $\Delta = V - N$ est différent de zéro, sa valeur, comme je le montrerai ailleurs, est liée de façon régulière aux particularités constitutives et fonctionnelles de la molécule, et cette régularité rend très fructueuses les comparaisons des Δ observés dans une même série homologue ou dans une famille de corps de même type.

D'un autre côté, il existe certainement un lien étroit entre la structure électronique de l'atome et ses propriétés diamagnétiques, comme aussi une relation certaine entre la valence [1] et ces mêmes propriétés diamagnétiques. C'est ce qui m'a amené à chercher un moyen de contrôle des analyses magnétochimiques par des mesures de dispersion.

Le Tableau abrégé qui suit donne certains résultats calculés par Drude et complétés par une série de mesures (marquées P) que j'ai spécialement effectuées :

	Δ.
Hexane C^6H^{14} (P)	13
Hexène 2 C^6H^{12} (P)	20
Cyclohexane C^6H^{12} (P)	21
Cyclohexène C^6H^{10} (P)	24
(Diallyle C^6H^{10} (P)	18)
Benzène C^6H^6	20
Octène 2 C^8H^{16} (P)	19
Diméthylhexadiène 24 C^8H^{14} (P)	32
(Octine 1 C^8H^{14} (P)	9)
Décane $C^{10}H^{22}$ (P)	19
Décylène 2 $C^{10}H^{20}$ (P)	29
Naphtalène $C^{10}H^8$	35

	Δ.
Iodure de méthyle CH^3I	1
Iodure de méthylène CH^2I^2	− 1
Chloroforme $CHCl^3$	− 5
Bromoforme $CHBr^3$	− 4
Chlorure de carbone CCl^4	− 8
Chlorure d'éthylène $C^2H^4Cl^2$	1
Chl. d'éthylidène CH^3CHCl^2	0
Aldéhyde CH^3CHO	5
Chloral CCl^3CHO	− 2
Benzène C^6H^6	20
Fluobenzène C^6H^5F	20
Chlorobenzène C^6H^5Cl	18
Bromobenzène C^6H^5Br	17
Iodobenzène C^6H^5I	18

Comme à un nombre croissant de valences optiquement apparentes correspond une suite de valeurs décroissantes de Δ, on peut faire les rapprochements suivants :

(1) PASCAL, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 862 et 1010.

I. La formation d'une liaison éthylénique ou la cyclisation d'une chaîne grasse diminuent notablement le nombre d'électrons influençant l'indice. Deux liaisons éthyléniques provoquent une diminution encore plus marquée de ce nombre. La non-saturation se traduirait donc par l'introduction de forces de liaisons entre électrons, réduisant la période de vibration propre de certains d'entre eux, et par suite leur influence sur la valeur de l'indice dans le spectre visible.	I. La formation d'une liaison éthylénique ou la cyclisation d'une chaîne grasse provoquent une diminution très forte du diamagnétisme, qui va s'accentuant quand croît le nombre des liaisons multiples. Si l'on ne veut pas expliquer cette dépréciation du diamagnétisme par l'introduction d'éléments de symétrie donnant à certains groupements d'électrons un moment magnétique différent de zéro, on doit admettre aussi l'introduction de forces de liaisons nouvelles, corrélatives de la non-saturation.
II. Dans la série allylique, le rôle des liaisons éthyléniques est assez effacé au point de vue optique, et dans la série acétylénique, la triple liaison joue un rôle perturbateur beaucoup moins marqué qu'une liaison éthylénique.	II. Dans la série allylique, comme dans la série acétylénique, la dépréciation du diamagnétisme produite par les liaisons multiples est, sinon nulle, du moins peu sensible dans la plupart des cas (recherches inédites).
III. La diminution du nombre d'électrons optiquement actifs dans les dérivés aromatiques est bien inférieure à celle qui résulterait de l'adoption des formules à liaisons éthyléniques de Kékulé.	III. Au point de vue magnétique, il n'existe pas de doubles liaisons dans les carbures nucléaires, pas plus que dans leurs dérivés substitués.
IV. Les halogènes, sauf le fluor, relèvent toujours le nombre d'électrons actifs, et d'environ deux unités par chaque atome d'halogène. Cet effet est surtout marqué quand les halogènes sont groupés autour d'un même atome central. Conformément aux idées de Drude, il y aurait alors apparition nette des deux valences supplémentaires, qu'on admet de plus en plus dans les halogènes.	IV. Sauf pour le fluor, dont les propriétés magnétiques gardent en général une constance parfaite, il y a toujours abaissement du diamagnétisme, quand les halogènes sont groupés autour d'un même atome central. On l'explique aisément par la production de liaisons multiples, provenant de la saturation mutuelle des valences supplémentaires, que le champ magnétique met ainsi en évidence.

Même en bornant ici les rapprochements, il apparaît comme démontré que l'étude de la dispersion permet de vérifier qualitativement les résultats de l'analyse magnétochimique, et justifie les explications que j'ai données jusqu'ici des exceptions nombreuses, mais régulières, aux lois d'additivité.

J'ajouterai, sans y insister aujourd'hui, que ces comparaisons fournissent quelques renseignements utiles sur le nombre et le rôle respectif des électrons constituant l'atome, connaissance vers laquelle nous orientait déjà l'analyse magnétochimique des dérivés halogénés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification catalytique, par voie humide, des acides aromatiques.* Note de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. G. Lemoine.

Le procédé catalytique d'éthérification dont nous avons parlé pour les mélanges d'alcools et d'acides forméniques [1] a été appliqué aux mélanges d'alcools et d'acides aromatiques, avec cette différence qu'au lieu de molécules égales, nous avons forcé la dose d'alcool dont nous avons employé 1^{mol} pour $0^{mol},5$ d'acide afin de mieux dissoudre ce dernier.

Dans ces conditions, l'acide *benzoïque* ($0^{mol},5 = 61^{g}$) et l'alcool éthylique à 95° ($1^{mol} = 60^{cm^3}$), additionnés de 5^{cm^3} d'acide sulfurique et mis à bouillir dans un ballon communiquant avec un réfrigérant ascendant, ont fourni, après 3 heures d'ébullition, une quantité d'éther benzoïque correspondant aux 41 pour 100 de la théorie.

Avec 10^{cm^3} d'acide sulfurique, un mélange identique d'acide benzoïque et d'alcool n'a pas tardé à se séparer en deux couches (éther et eau), et, après 40 minutes d'ébullition, nous avons recueilli, en benzoate d'éthyle, les 75,5 pour 100 de la théorie.

Enfin avec 15^{cm^3} de SO^4H^2 pour le même mélange, il a suffi de 20 minutes d'ébullition pour obtenir en éther les 82 pour 100 du rendement théorique.

Ici donc, contrairement à ce qui se passe avec les acides forméniques, la proportion d'éther et la rapidité de sa formation augmentent avec la dose d'acide sulfurique. Celui-ci, par conséquent, n'agit plus simplement à la façon d'un catalyseur, et l'on est amené à trouver, avec Berthelot, dans ses combinaisons hydratées, la cause principale de son action. S'il en est ainsi, un catalyseur qui a peu d'affinité pour l'eau ne produira que de faibles quantités de benzoate d'éthyle. C'est le cas du bisulfate de potassium et du sulfate hydraté d'alumine. Le mélange d'acide benzoïque ($0^{mol},5$) et d'alcool à 95° (1^{mol}), mis à bouillir durant 3 heures avec 25^{g} de bisulfate de potassium, n'a donné lieu qu'à une très faible éthérification, car l'acide benzoïque s'est solidifié en masse par le refroidissement. Ce n'est qu'après

[1] J.-B. Senderens et J. Aboulenc, *Comptes rendus*, t. 152, 12 juin 1911.

avoir bouilli encore pendant 4 heures que les deux couches ont nettement apparu et que le mélange refroidi s'est conservé liquide. Il renfermait, en éther benzoïque, les 30 pour 100 de la théorie. Bien que très faible, l'influence catalytique du bisulfate de potassium paraît cependant s'exercer, car, après le même temps d'ébullition en présence de 35^g de sulfate hydraté d'alumine, le mélange alcool-acide s'est solidifié en entier en se refroidissant.

Avec le sulfate d'alumine anhydre, au contraire, on obtient, après 7 heures d'ébullition du mélange, en présence de 25^g de ce sel, les 59 pour 100 du rendement théorique en benzoate d'éthyle, ce qui semble ne pouvoir s'expliquer que par la formation d'un hydrate, étant donnée l'inactivité du sulfate d'alumine lorsqu'il est déjà hydraté.

On pouvait supposer que, dans leur éthérification, les homologues de l'acide benzoïque se comporteraient comme lui vis-à-vis des mêmes catalyseurs; que l'acide phénylacétique, par exemple, opposé à l'alcool éthylique, s'éthérifierait mal avec le bisulfate de potassium ou le sulfate anhydre d'alumine, et qu'avec l'acide sulfurique il réclamerait une quantité assez importante de cet acide.

Il n'en est pas ainsi.

L'acide *phénylacétique*, $C^6H^5-CH^2.CO^2H$, se comporte dans son éthérification, non pas comme l'acide benzoïque, mais comme l'acide acétique. Avec 2^{cm^3} d'acide sulfurique pour un mélange d'acide phénylacétique ($0^{mol},5$) et d'alcool à 95° (1^{mol}), chauffé dans un ballon communiquant avec un réfrigérant ascendant, on voit, après quelques minutes d'ébullition, le liquide se séparer en deux couches, et l'on obtient, en phénylacétate d'éthyle, les 88 pour 100 de la théorie, qui se réduisent à 76,5 pour 100 avec le bisulfate de potassium (10^g) et à 60,5 pour 100 avec le sulfate d'alumine anhydre (10^g).

L'acide *phénylpropionique*, $C^6H^5-CH^2-CH^2-CO^2H$, se comporte comme l'acide phénylacétique et fournit dans les mêmes conditions, en phénylpropionate d'éthyle, les 92 pour 100 du rendement théorique.

Au contraire, les acides *toluiques* $C^6H^4\langle{CH^3 \atop CO^2H}$ rentrent dans le cas de l'acide benzoïque. Dans un mélange d'acide *o.-toluique* ($0^{mol},5$) et d'alcool éthylique à 95° (1^{mol}), 5^{cm^3} d'acide sulfurique ne produisent, après 4 heures d'ébullition, que 40 pour 100 d'*o.*-toluate d'éthyle par rapport au rendement théorique, tandis qu'avec 20^{cm^3} de SO^4H^2 on obtient, après 1 heure d'ébullition, une quantité de cet éther correspondant aux 80 pour 100 de la théorie.

De même, avec l'acide *salicylique* $C^6H^4\langle{OH \atop CO^2H}$ ($0^{mol},5$) et l'alcool à 95° (1^{mol}), il faut employer 20^{cm^3} d'acide sulfurique pour avoir, après 1 heure d'ébullition, en salicylate d'éthyle, les 85 pour 100 du rendement théorique.

Pour l'acide salicylique et les acides toluiques, comme pour l'acide benzoïque, le bisulfate de potassium ne donne que des rendements médiocres.

Il résulte de ces recherches qu'au point de vue de l'influence qu'exercent sur leur éthérification l'acide sulfurique, le sulfate d'alumine et le bisulfate de potassium, les acides aromatiques se divisent en deux classes :

1° Pour ceux dont le carboxyle est rattaché directement au noyau benzénique, tels que les acides benzoïque, toluiques, salicylique; c'est principalement la formation d'hydrates qui favorise l'éthérification.

2° Pour ceux, au contraire, dont le carboxyle est séparé du noyau aromatique par des chaînons forméniques, tels que les acides phénylacétique, phénylpropionique, la production de ces hydrates n'entre guère en ligne de compte, et c'est dans les combinaisons temporaires que forment avec l'alcool les corps précités, jouant le rôle de catalyseurs, qu'il faut chercher l'influence qu'ils exercent sur l'éthérification de cette seconde classe d'acides aromatiques, d'après le mécanisme qui a été développé pour les acides gras.

Il peut être intéressant de rappeler que, dans la préparation catalytique des cétones par les acides aromatiques, l'un de nous avait été conduit à établir, entre ces acides, la même distinction (1).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la diffusion des matières salines à travers certains organes végétaux.* Note de M. G. **André**, présentée par M. Armand Gautier.

La question de l'excrétion des matières salines par la plante vivante à laquelle j'ai essayé d'apporter quelques contributions (*Comptes rendus*, t. 151, p. 1378; t. 152, p. 777 et 965) est, en réalité, extrêmement complexe. Pour plusieurs auteurs, ainsi que je le rappelais dans une de mes Notes, le lavage des feuilles par l'eau de pluie, dès l'époque où ces feuilles commencent à jaunir et à se dessécher, ne serait pas étranger, en partie au moins, à cette élimination de matière saline, tout en réservant la possibilité d'une véritable excrétion de certains sels par les racines, les sels de potassium principalement.

Dans le même ordre d'idées, je me suis demandé quelle était la fraction

(1) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 150, p. 704.

des matières minérales capables de dialyser au travers des membranes de certains organes, lorsqu'on plongeait ces organes dans de l'eau pure, additionnée d'un peu de formol pour prévenir toute putréfaction, et lorsqu'on les y abandonnait pendant plusieurs mois.

Dans un organe végétal qui reste longtemps immergé dans l'eau et dont les cellules, surtout en présence d'un antiseptique, perdent assez rapidement leur vitalité (turgescence), il se produit des phénomènes d'hydrolyse qui modifient peu à peu la nature des combinaisons que contracte la matière organique avec la matière minérale [1].

I. J'ai d'abord étudié le problème sous un de ses aspects les plus simples, en cherchant avec quelle rapidité le sel marin (ou plutôt le chlore) s'éliminait d'un organe tel que le tubercule de pomme de terre, lequel en contient toujours normalement une certaine quantité. J'ai supposé que le chlore était uniquement combiné au sodium; les tubercules de pomme de terre renferment généralement une proportion de sodium supérieure à celle qui suffirait à saturer le chlore. J'ai comparé cette élimination avec celle du sel marin introduit artificiellement dans des organes semblables plongés au préalable pendant un mois dans une solution assez concentrée de ce sel, puis immergés dans de l'eau distillée. On admet que, dans l'organisme végétal, le chlore ne se rencontre que sous la forme de chlorures minéraux et qu'il n'entre pas dans la constitution de complexes organiques, comme le font le soufre et le phosphore. Il s'agit donc ici de l'élimination d'un sel purement inorganique. Les expériences ont été faites à la température ordinaire.

Un poids de 722^g,2 de pommes de terre fraîches (représentant 162^g,77 de matière séchée à 110°) a été immergé dans l'eau distillée le 10 novembre 1909. A chacune des dates ci-dessous, on enlevait la totalité du liquide et l'on y dosait le chlore; on remplaçait l'eau enlevée par de l'eau distillée nouvelle. Voici comment s'est produite l'élimination du chlore calculé en NaCl, aux différentes époques indiquées :

	NaCl.		NaCl.
10 décembre 1909	^{g} 0,2808	15 mars 1910	^{g} 0,0666
10 janvier 1910	0,1960	2 mai	0,0424
10 février	0,1048	20 juin	0,0260
		Total	0,7166

[1] Les expériences que E. Poppe a publiées récemment (*Bull. Soc. chim. de Belgique*, t. XXV, 1911, p. 136) portent sur l'immersion de graines de pois dans l'eau ou dans des solutions salines, pendant 24 heures seulement, à la température ordinaire.

On peut admettre que, lors du dernier prélèvement, le sel marin contenu dans les tubercules avait diffusé en presque totalité dans le liquide extérieur. D'ailleurs, les pommes de terre séchées, broyées et analysées après expérience n'en contenaient plus que $0^g,0110$. A l'état frais, les tubercules renfermaient $722^g,2 - 162^g,77 = 559^g,43$ d'eau et $0^g,7166 + 0^g,0110 = 0^g,7276$ de sel marin. La concentration saline était donc égale à $\frac{1}{769}$. Cette élimination a duré 222 jours; elle est assez rapide au début puisque, dans l'espace du premier mois, les tubercules ont perdu environ 40 pour 100 du sel qu'ils contenaient. Cette exosmose se ralentit beaucoup par la suite.

II. Des pommes de terre entières, semblables aux précédentes (poids frais $= 715^g,9$, séchées à $110° = 160^g,86$), ont été immergées le 10 novembre 1909, dans une solution de sel marin, contenant $34^g,972$ de ce sel dans 1100^{cm^3} d'eau. Au bout d'un mois (10 décembre), on a retrouvé dans le liquide extérieur $28^g,446$ de sel; les tubercules avaient donc emprunté à la solution $6^g,526$ NaCl. Si l'on suppose que ces tubercules contenaient à l'état naturel autant de sel marin que ceux qui ont servi à la première expérience, soit $0^g,7212$ NaCl (pour $715^g,9$ de matière fraîche), ils renfermaient, le 10 décembre, $6^g,5260 + 0^g,7212 = 7^g,2472$ NaCl. A cette dernière date, on a immergé les tubercules dans l'eau distillée et, aux dates ci-dessous désignées, on a enlevé, comme dans le premier cas, la totalité du liquide dans lequel on a dosé le chlore; on a remplacé cette eau par de l'eau distillée. Les éliminations successives de sel marin se sont effectuées de la façon suivante :

	NaCl.		NaCl.
10 janvier 1910	$3^g,7922$	17 août 1910	$0^g,1761$
10 février	1,5320	15 octobre	0,1328
15 mars	0,7404	15 décembre	0,0532
2 mai	0,4591	28 janvier 1911	0,0263
20 juin	0,3083	31 mars	0,0249
		Total	7,2453

Les pommes de terre séchées, broyées et analysées après expérience ne renfermaient plus que $0^g,0303$ NaCl. On retrouve donc très sensiblement dans les éliminations successives, entre le 10 janvier 1910 et le 31 mars 1911, la quantité de sel marin qui existait dans les tubercules le 10 décembre 1909. Pendant le premier mois d'immersion dans l'eau, les tubercules ont perdu 52 pour 100 du sel qu'ils renfermaient. La concentration en sel marin était environ dix fois plus considérable $\left(\frac{\text{NaCl}}{\text{eau}} = \frac{1}{76}\right)$ dans les tubercules après leur immersion au sein de la solution salée, le 10 décembre 1909, que dans les tubercules naturels. Dans la solution extérieure, à cette même époque, il y avait $28^g,4460$ de sel dans 1100^{cm^3} de liquide, soit une concentration de $\frac{1}{38}$; l'équilibre osmotique n'était donc pas encore atteint, sous le rapport de NaCl, entre le liquide intérieur des tubercules et le liquide extérieur qui les baignait.

III. Il résulte de ces expériences que l'exosmose totale au travers des

tubercules d'un sel soluble, ne contractant pas de combinaison avec la matière organique, est lente. Une des principales raisons de cette lenteur doit être mise sur le compte du volume de l'organe et de la difficulté qu'éprouvent les liquides à cheminer de cellule en cellule. Mais, au bout d'un temps suffisamment long, l'élimination du sel peut être considérée comme étant totale.

AGRONOMIE. — *Sur l'adhérence des bouillies insecticides à l'arséniate de plomb.* Note de MM. **H. Astruc**, **A. Couvergne** et **J. Mahoux**, présentée par M. A. Müntz.

En raison de la généralisation des traitements insecticides de la vigne par l'arséniate de plomb, nous avons jugé utile de déterminer, à la station œnologique du Gard, le degré d'adhérence des nouvelles bouillies utilisées par les viticulteurs.

De plus, la toxicité élevée des composés arsénicaux oblige à simplifier au maximum leur manipulation et incite à utiliser les bouillies arsénicales toutes prêtes, pâteuses ou pulvérulentes, qu'on commence à mettre dans le commerce. Or, des essais antérieurs ont montré que les bouillies cupriques perdent tout ou grande partie de leur adhérence, quand le précipité cuivrique, qui en est l'élément actif, n'est pas d'une préparation extemporanée. Il importait, vu les intérêts désormais engagés, d'expérimenter au même point de vue l'influence de l'âge sur ces bouillies arsénicales.

A cet effet, nous avons préparé 20, 15, 10, 5, 3, 2, 1 et 0 jour à l'avance des bouillies concentrées, ou même complètement desséchées, à 200^g d'arséniate de soude anhydre et 600^g d'acétate de plomb cristallisé par hectolitre. Puis, nous les avons délayées et réparties avec un pulvérisateur horticole Vermorel, en imitant du mieux l'opération courante de la grande culture; d'abord sur plaques de verre (16^{dm^2}) pour juger de l'adhérence réelle, en dehors de toute réaction chimique ou biologique du substratum, et ensuite sur feuilles adultes de divers végétaux. Enfin, nous avons sectionné en deux parts plaques et limbes de feuilles, de façon à les échantillonner du mieux possible et à nous mettre tant qu'il se pourrait à l'abri des erreurs de manipulation. La moitié des surfaces pulvérisées était ensuite soumise, après dessiccation de 24 heures, à une pluie assez violente (10^l de liquide en une demi-heure), les surfaces étant inclinées de 15° à 20° sur l'horizontale, afin de simuler le lavage et le ruissellement naturels par grandes pluies.

L'arsenic resté adhérent aux surfaces lavées et non lavées, correspondant aux mêmes bouillies, a été enfin dissous par un traitement approprié, puis dosé (méthode de Barnes convenablement adaptée et préalablement éprouvée).

Les expériences ont été faites en plusieurs fois, sur plaques de verre, feuilles de rosier et de laurier-sauce, en attendant le développement des feuilles de la vigne. Elles ont aussi porté sur l'arséniate de zinc, précipité volumineux et gélatineux, récemment proposé pour remplacer celui de plomb [1].

Pour simplifier, nous donnerons seulement les derniers chiffres obtenus, sur grandes plaques de verre et sur feuilles de *vigne*, lesquels sont du même ordre que tous ceux préalablement enregistrés et se trouvent plus suggestifs encore :

Age des bouillies (en jours depuis leur préparation).	Arsenic dosé sur plaques de verre			Arsenic dosé sur feuilles de vigne		
	avant le lavage à l'eau.	après le lavage à l'eau.	après le lavage et p. 100 de l'arsenic répandu.	avant le lavage à l'eau.	après le lavage à l'eau.	après le lavage et p. 100 de l'arsenic répandu.
	mg	mg		mg	mg	
20........	4,77	2,29	48	3,53	2,36	66,8
15........	2,93	2,93	100	3,56	2,40	67,4
10........	2,85	2,29	80,4	3,49	2,03	58
5........	2,62	2,62	100	2,77	2,77	100
3........	3,56	4,30	92,7	2,93	2,66	90,8
2........	3,00	3,00	100	3,04	3,04	100
1........	2,78	2,44	87,7	3,19	2,74	85,8
0........	3,56	3,49	98	3,60	3,19	88,6
Poudre [2].	2,36	1,72	73	1,95	1,50	76,9

Conclusions. — De ces chiffres (3e colonne) on peut, croyons-nous, conclure que :

1° L'*adhérence* de l'arséniate de plomb est généralement élevée, au moins autant sur verre que sur épiderme végétal. C'est donc là une propriété spéciale à ce précipité.

2° L'*âge* de la bouillie ne paraît pas en rapport bien net avec l'adhérence sur verre ; il n'influence que légèrement cette adhérence sur vigne.

On peut dire que les bouillies qui n'ont pas plus de 5 jours de préparation sont à peu près équivalentes comme adhérence sur vigne, et qu'en les pré-

---

(1) Ce composé donna une adhérence constante de 50 pour 100 sur verre et 88 pour 100 sur vigne, qu'il ait été préparé 10 jours à l'avance ou extemporanément.

(2) Cette poudre fut préparée 10 jours à l'avance par simple dessiccation à l'air du précipité d'arséniate triplombique lavé, puis broyage et délayage au moment de l'emploi.

parant plus longtemps (10 à 20 jours) à l'avance on peut perdre environ le quart de cette propriété.

3° Le *produit pulvérulent*, finement broyé et délayé au moment de l'usage, quoique d'un aspect lourd et se déposant rapidement, a présenté les trois quarts de l'adhérence maximum.

L'examen microscopique de toutes ces bouillies n'indiqua qu'une très faible tendance à l'agglomération des particules et à leur grossissement dans les précipités les plus âgés.

ANTHROPOLOGIE. — *De l'identification par les empreintes digitales.* Note de M. V. **Balthazard**, présentée par M. Ch. Bouchard.

Les particularités que l'on peut relever dans une empreinte digitale, et qui sont utilisables pour l'identification, sont constituées par les arrêts et les bifurcations des crêtes papillaires. En réalité, quand l'empreinte est orientée, les arrêts et les bifurcations sont dirigés autour du point central ou du Δ, soit dans le sens des aiguilles d'une montre, soit en sens inverse, si bien qu'on doit envisager quatre signes distincts.

Il y aurait également à considérer les interruptions de sillons, les points isolés, les îlots, etc.; mais, outre que ces signes sont exceptionnels dans une empreinte, ils peuvent toujours être ramenés aux précédents.

L'examen de nombreuses empreintes nous a montré qu'il existe en moyenne cent particularités sur chacune d'elles. Si nous divisons la surface de l'empreinte en cent carrés, nous constatons que chaque carré contient une particularité, rarement deux, exceptionnellement trois ou zéro.

I. *Le nombre des empreintes digitales différentes est égal au nombre des arrangements avec répétition de quatre objets* 100 *à* 100, *soit* A_4^{100} *ou* 4^{100}. — Deux empreintes digitales diffèrent, en effet, soit par la nature des signes qu'elles renferment, soit par la situation de ces signes dans les 100 carrés. Le nombre des empreintes digitales distinctes est donc égal au nombre des arrangements avec répétition de quatre objets 100 à 100, soit 4^{100}. Cette valeur est représentée approximativement par un nombre de 61 chiffres (1 suivi de 60 zéros).

Or, le nombre des êtres humains qui vivent à la surface du globe est de 1500000000; la durée moyenne d'une génération est d'un tiers de siècle; par suite on peut évaluer à 5000000000 le nombre des hommes par siècle.

Chaque homme ayant dix empreintes digitales, on pourrait recueillir 50 000 000 000 d'empreintes digitales par siècle.

Il faudrait donc un nombre de siècles représenté par 49 chiffres (2 suivi de 48 zéros) pour qu'on ait chance de retrouver deux empreintes identiques. Cette durée est très supérieure à celle que les astronomes assignent au refroidissement du Soleil et à la vie de l'humanité.

2. *Dix-sept coïncidences sont suffisantes en pratique pour identifier deux empreintes digitales.* — Supposons qu'il existe n coïncidences entre deux empreintes digitales.

Si nous prenons l'un des arrangements qui présentent les n coïncidences, on obtiendra en disposant les quatre signes dans les $100 - n$ carrés restants, tous les arrangements qui renferment les n coïncidences; leur nombre sera égal à celui des arrangements avec répétition de quatre objets $100 - n$ à $100 - n$, soit 4^{100-n}.

Nous avons donc chance de rencontrer une empreinte présentant les n coïncidences sur un nombre d'empreintes examinées égal à $\frac{A_4^{100-n}}{A_4^{100}}$ ou $\frac{1}{4^{100-n}}$.

Effectuant le calcul, nous voyons que pour avoir chance de retrouver une empreinte présentant :

			Empreintes.
2 coïncidences,	qu'il faut examiner	....	16
3	»	»	64
4	»	»	256
5	»	»	1 024
6	»	»	4 096
7	»	»	16 384
8	»	»	65 536
9	»	»	262 144
10	»	»	1 048 576
11	»	»	4 194 304
12	»	»	16 777 216
13	»	»	67 108 864
14	»	»	268 435 456
15	»	»	1 073 741 824
16	»	»	4 294 967 296
17	»	»	17 179 869 184

Le nombre des habitants du globe étant de 1 500 000 000, celui des empreintes est de 15 000 000 000.

Si donc on a relevé dix-sept coïncidences entre une empreinte examinée et celle d'un individu quelconque, il n'y a aucune chance de retrouver un

autre individu dont une empreinte digitale présenterait les mêmes coïncidences.

Dans les recherches médico-légales, le nombre des coïncidences peut être abaissé à 12 ou à 11, si l'on est certain que le criminel n'est pas un habitant quelconque du globe, mais un Européen, un Français, l'habitant d'une ville ou d'un village, etc.

Le calcul que nous venons d'indiquer permet en tout cas de préciser la valeur de la charge apportée contre l'accusé, puisqu'il indique que les particularités relevées sur l'empreinte n'ont chance d'être rencontrées qu'une fois sur tant d'individus. Dès que l'on a trouvé dix-sept coïncidences, la certitude dans l'identification est complète.

Bertillon a pu cependant observer dans un cas plus de 30 coïncidences sur deux empreintes provenant de deux individus différents : mais une cause était venue contrecarrer les lois du hasard, car les deux individus étaient frères jumeaux.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mesure des degrés de strabisme au moyen du stéréoscope à coulisses.* Note de M. **Léon Pigeon**, présentée par M. Villard.

Si l'on admet que le strabisme soit essentiellement un désaccord entre l'accommodation et la convergence, il est utile, pour le mesurer, de représenter numériquement ces deux fonctions, et de faire, pour ce qui les concerne, des mesures simples et précises.

L'unité adoptée pour mesurer la convergence doit être en harmonie avec celle choisie pour l'accommodation. Cette dernière unité, adoptée partout, est la dioptrie.

Si donc, l'œil visant à des distances respectivement égales à

$$\infty, \qquad 4^{m}, \qquad 1^{m}, \qquad \frac{1^{m}}{3},$$

on représente l'accommodation par les inverses de ces longueurs, soit

$$0, \qquad \frac{1}{4}, \qquad 1, \qquad 3 \text{ dioptries},$$

il est bien naturel de représenter, de même, l'état de la convergence par

$$0, \qquad \frac{1}{4}, \qquad 1, \qquad 3 \text{ unités de convergence},$$

lorsque l'intersection des lignes de visée se fait aux mêmes distances, comptées à partir de la ligne des yeux.

Cette notation numérique est admise depuis longtemps. Mais le nom d'*angle métrique*, donné à l'unité de convergence, semble imparfait à certains égards. En effet, lorsque deux observateurs distincts, ayant des bases interoculaires différentes, visent un point à la même distance finie, les angles formés par les lignes de visée étant manifestement inégaux, il n'est pas sans inconvénient de les représenter par le même nombre d'*angles métriques*.

Je propose, pour l'unité de convergence, le nom de *convergie*, et, pour sa notation abrégée, son initiale *c*. La notation $+n^c$ représentera donc l'état de convergence des yeux lorsque l'observateur fait converger ses lignes de visée à $\frac{1}{n}$ mètres devant lui, et ceci quelle que soit la longueur de sa base interoculaire.

Des valeurs négatives représentent des lignes de visée se coupant en arrière de la ligne des yeux, c'est-à-dire un état de divergence : on peut adopter pour ces unités négatives le nom de *divergies*.

On voit que, dans la vision naturelle, pour le cas le plus simple, la convergence et l'accommodation étant représentées respectivement par les mêmes nombres de convergies et de dioptries, la différence de ces nombres est nulle.

Pour le strabisme convergent, la différence algébrique entre les convergies et les dioptries est positive, tandis que cette même différence est négative pour le strabisme divergent.

Le stéréoscope à coulisses permet une mesure facile, en convergies, de l'état de convergence; ceci par l'emploi d'une graduation simple. Voici comment :

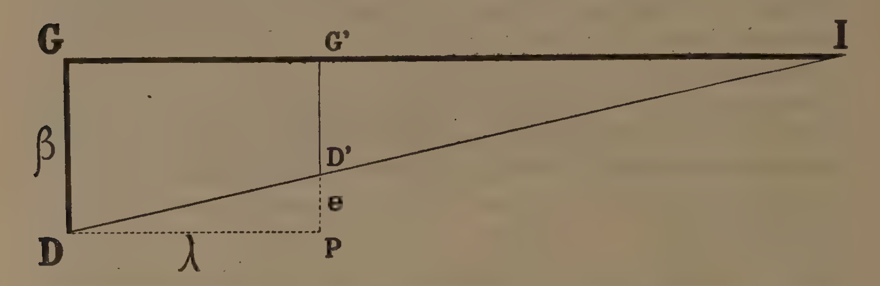
Dans la figure ci-après, qui représente schématiquement le stéréoscope à coulisses (en G et D, les yeux; en GG', DD', les lignes de visée dont la première est fixe; en I, leur intersection; en DP, la position de parallélisme), on a en posant $GI = L$, $GD = \beta$, $DP = \lambda$, $PD' = e$ (toutes ces longueurs évaluées en mètres), la relation fondamentale

$$\frac{\lambda}{L} = \frac{e}{\beta}, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{1}{L} = \frac{e}{\beta\lambda}.$$

La convergence, mesurée en convergies, est donc proportionnelle au déplacement e, ou PD'. Sur l'échelle de mesure, les convergies sont ainsi représentées par des traits équidistants : le zéro de l'échelle est au point P; il correspond à la position de parallélisme des lignes de visée.

Le zéro de la graduation étant ainsi défini, on trouve facilement un autre point remarquable. En effet, lorsque les points visés, G′ et D′, viennent à coïncider, l'intersection des lignes de visée se faisant à une distance λ, la valeur $\frac{1}{\lambda}$ convergies représente l'état de la convergence. Si λ est, par exemple, $\frac{1}{3}$ de mètre, cette position correspond à 3 convergies.

La *position de coïncidence*, aussi facile à contrôler qu'à définir, est la même pour



tous les observateurs. Au contraire, la *position de parallélisme*, et aussi la position donnant un certain nombre de convergies, correspondent à des segments G′P ou G′D′, variables avec les observateurs, et d'autant plus grands que la base interoculaire de ces observateurs est plus grande.

D'après cela, on n'aura de mesures bien précises qu'en faisant emploi, pour chaque observateur, de l'échelle qui lui convient. Il est commode d'établir ces diverses échelles sur les génératrices d'un même cylindre. Les traits de chaque échelle donnant la *position de coïncidence* sont alignés sur le cercle de base de ce cylindre; les traits donnant la position de parallélisme, ou un même nombre de convergies ou de divergies, sont alignés sur des hélices.

La distance λ, ou GG′, comprise entre la ligne des yeux et le plan des épreuves, est la constante instrumentale fixant l'accommodation. Si l'on veut assigner à l'accommodation une valeur différente, on peut, ou bien interposer devant les yeux des verres correcteurs, ou bien employer un autre stéréoscope construit avec une autre valeur de λ.

Le stéréoscope à coulisses, muni de cette échelle des convergies, permet ainsi d'exercer, indépendamment l'une de l'autre, la fonction de convergence et celle d'accommodation, comme on l'a vu dans une Note antérieure; il permet encore de fixer leurs limites, en les notant numériquement, d'étudier leurs différences algébriques, et de voir comment ces valeurs numériques se modifient au cours d'un traitement de strabisme.

MÉDECINE. — *Rôle du mercure et de quelques-uns de ses sels dans certains cancers.* Note [1] de M. **Odier.**

Certains cancéreux, ayant suivi antérieurement un traitement mercuriel, sont susceptibles de garder celui-ci dans leur organisme pendant plusieurs années.

Des observations de longue date m'avaient montré, sans que je puisse en donner la raison, que rien n'était plus dangereux pour les cancéreux que de leur faire suivre un traitement antisyphilitique.

Je viens de retrouver, chez plusieurs malades, du mercure que j'ai pu retirer par le procédé de l'amalgame.

Il s'agissait d'épithéliomas du sein et de cancers de la langue.

Dans le cas de l'un des trois cancers du sein, il a été impossible de retrouver dans les antécédents de la malade un traitement mercuriel quelconque.

L'une des deux autres avait eu des frictions d'onguent gris pour péritonite 7 ans auparavant et la troisième avait eu des injections d'huile grise, 4 ans auparavant.

Chez 4 cancers de la langue, que j'ai examinés depuis que mon esprit a été attiré sur ce sujet, tous 4 avaient eu des traitements mercuriels et chez l'un seulement celui-ci avait été institué pour une leucoplasie.

L'irritation que produit ce métal sur la cellule épithéliale m'a paru de toute évidence. Il semble que d'ores et déjà il y ait intérêt à pousser les recherches dans cette direction, afin de savoir si le mercure et ses sels, que l'on administre si copieusement et d'une façon croissante, dans la thérapeutique moderne, ne jouent pas un rôle important dans la genèse du cancer.

MÉDECINE. — *Une cause de radiodermite et préservation.* Note [2] de M. **Foveau de Courmelles**, présentée par M. d'Arsonval.

Les rayons X irritent en général peu la peau saine, et la preuve en est dans l'intégrité conservée des téguments cutanés chez les premiers radio-

(1) Reçue à la séance du 19 juin 1911.
(2) Présentée à la séance du 19 juin 1911.

graphes, ceux de 1896 même, qui ne firent que peu ou point eux-mêmes leurs développements photographiques. Après une enquête minutieuse et très étendue sur le sujet, je n'ai que rarement constaté des radiodermites, 1 pour 100 environ, sur les radiologues qui n'entamèrent pas leur épiderme par les manipulations chimiques répétées du développement et du tirage de leurs clichés et épreuves. Des plaies ou éraflures quelconques ont aussi été des portes d'entrée.

La protection de la peau par la plaque d'aluminium, reliée au sol, que j'ai décrite en 1897 (*Traité de Radiographie*), est assez générale; cependant elle n'empêche pas le noircissement du système pileux (Académies des Sciences, 24 février 1905, à propos de fibromes), et parfois sa chute; mais, comme il y a repousse, que par suite les follicules pileux ne sont pas détruits, on peut conclure que la peau n'est nullement entamée par ces premiers rayons très mous, et que les rayons mous sont ainsi réellement arrêtés, alors que les autres n'agissent que profondément. Quant aux rayons obliques, il semble qu'on en ait exagéré les dangers, car des animaux familiers s'y exposant constamment, après douze ans même, n'ont subi ni troubles cutanés, ni troubles ovariques par exemple.

Nous ajouterons que des doses massives de rayons X ont pu arrêter, chez quelques radiologues, les lésions superficielles produites par des irritations incessantes et légères de même ordre, ce qui démontre probablement des variétés ou espèces différentes de radiations. L'opérateur peut s'en préserver, en somme, par des précautions assez simples : en gardant son intégrité cutanée, en ne développant pas ses clichés, ou en le faisant avec des gants de caoutchouc, par exemple.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence dans le lac Tchad du* Palæmon niloticus *Roux* (*d'après les observations du Dr Gaillard de la Mission Tilho*). Note de MM. **Sollaud** et **Tilho**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Au cours de la mission Niger-Tchad, le Dr Gaillard, chargé par le Ministre des Colonies des recherches d'histoire naturelle, a découvert, en de nombreux points du lac Tchad, de véritables colonies d'un Crustacé connu seulement jusqu'ici dans le bassin du Nil, le *Palæmon niloticus* Roux.

La présence de ce Crustacé dans ces deux bassins ne peut s'expliquer que par l'exis- entre eux d'une communication fluviale. En effet, il n'est pas possible d'invoquer pour les Palémonidés d'eau douce un mode de dissémination par les Mammifères ou les

oiseaux aquatiques analogue à celui que l'on observe dans une foule de petits organismes et notamment les Entomostracés d'eau douce et les Mollusques ; chez les Palémonidés, les œufs, au moment de la ponte, se fixent solidement aux nageoires abdominales de la femelle, qui les porte avec elle jusqu'à l'éclosion des larves; ces larves, extrêmement délicates, sont très peu résistantes et incapables de supporter une dessiccation même de courte durée.

Le passage du *Palæmon niloticus* Roux d'un bassin dans l'autre n'a donc pu se faire que par migration directe, suivant une voie d'eau continue reliant les deux bassins.

Cette communication fluviale, si elle n'existe plus aujourd'hui, existait certainement à une époque peu éloignée, car tous les zoologistes qui se sont occupés de la répartition du genre *Palæmon* admettent que l'immigration dans les eaux douces de ces Crustacés, primitivement marins, s'est effectuée récemment et semble même se continuer à l'époque actuelle.

Le passage du *P. niloticus* du Nil dans le Tchad, ou du Tchad dans le Nil, donnant la preuve certaine de l'existence de relations fluviales récentes entre les deux bassins, il est naturel de rechercher par où a pu s'établir cette communication.

A cet égard, deux hypothèses peuvent être envisagées :

I. *Communication par les sources entre les affluents du Chari, d'une part, et les affluents du Bahr el Ghazal du Nil* (1), *d'autre part.*

Aucune observation directe ne permet de constater ou d'affirmer que les sources des affluents précités puissent (ou aient pu) entrer temporairement en relation : l'orographie et l'hydrographie de la région intéressée sont encore presque inconnues.

II. *Communication par un ancien déversement de la nappe tchadienne dans le Nil, à travers le sud du désert libyque.*

Cette hypothèse, qui a fait l'objet de nombreuses controverses, paraît assez vraisemblable, tout au moins sur le premier tiers environ de la distance (1800^{km}) qui sépare le Tchad du Nil. Nous avons constaté en effet (2) :

a. Que le Tchad n'est pas le point le plus bas de son bassin ; le terrain s'abaisse sensiblement de l'Ouest vers le Nord-Est par une succession de plaines à caractère progressivement désertique ;

---

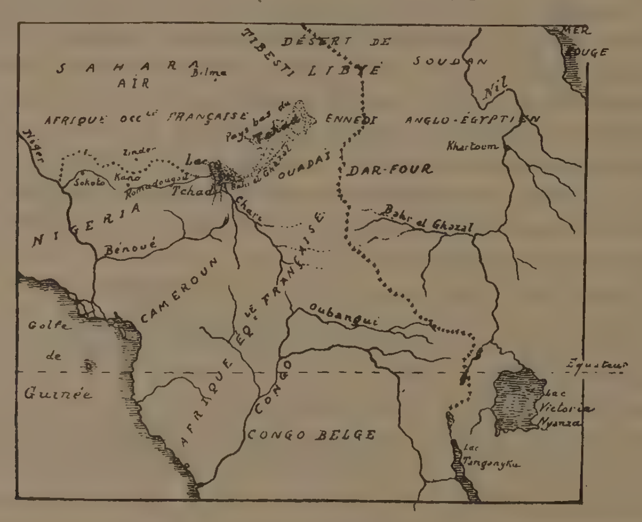
(1) Au centre de l'Afrique, deux régions bien distinctes, distantes de moins de 600^{km}, portent le nom de *Bahr el Ghazal;* l'une est une région de rivières et de marécages se jetant dans le Nil, l'autre est une région aujourd'hui desséchée, prolongeant le Tchad vers le Nord-Est : pour les distinguer, nous appelons la première *Bahr el Ghazal du Nil* et l'autre *Bahr el Ghazal du Tchad.*

(2) Voir *Documents scientifiques de la mission Tilho*, t. I et II. Publication du Ministère des Colonies.

b. Que les environs du Tchad, bien que produisant du sel en abondance, ne sont pas le fond d'une mer disparue, ce sel ne présentant aucun des caractères d'un sel d'origine marine;

c. Que les eaux du Tchad sont douces, pures, peu minéralisées (teneur en Cl, 0,02 pour 1000) comme l'eau des grands fleuves, Niger, Congo, Nil, preuve certaine qu'elles n'ont pas le temps de se concentrer et s'écoulent par un émissaire souterrain;

d. Que le Tchad, immense flaque d'eau, dont la profondeur moyenne est de $1^{m},50$ pour une superficie supérieure aux $\frac{3}{4}$ de celle de la Belgique, est moins un lac qu'un



TCHAD - NIL - CONGO - NIGER

immense marécage formé par l'épanouissement d'une nappe aquifère mi-superficielle, mi-profonde, drainant du Sud et de l'Ouest vers le Nord-Est les eaux de pluie du bassin tchadien; ainsi s'explique aisément l'extrême instabilité des limites du Tchad, laquelle est fonction des variations saisonnières et annuelles des précipitations atmosphériques;

e. Que le Bahr el Ghazal du Tchad met en communication le lac Tchad et les plaines d'altitude inférieure, groupées sous le nom de Pays bas du Tchad et caractérisées par l'existence d'une puissante nappe aquifère souterraine; en raison de la rareté des pluies dans ces régions désertiques, cette nappe doit être alimentée, pour la plus grande part, par la nappe tchadienne;

f. Qu'enfin l'abondance des coquilles fluviatiles et des vertèbres de poissons trouvées dans les Pays bas du Tchad, ainsi que les dépôts sédimentaires qui y ont été observés (M. Garde), démontrent que cette région est un ancien lac, récemment desséché.

Si l'on ajoute à ces faits d'observation : que la faune ichtyologique du Tchad offre de grandes affinités avec celle du Nil (M. Pellegrin); que la faune malacologique prend de plus un caractère nilotique à mesure qu'on s'éloigne du Tchad vers le Nord-Est (M. Germain); que la présence du *Palæmon niloticus* Roux dans le Tchad et dans le Nil, implique la nécessité d'une communication fluviale entre les deux bassins, on est amené à conclure :

Qu'à une époque récente, probablement quaternaire, la nappe tchadienne, beaucoup plus puissante qu'aujourd'hui, s'est continuée superficiellement par le Bahr el Ghazal du Tchad, actuellement desséché; s'est épanouie pour former l'ancien lac des Pays bas du Tchad, et a pu se prolonger jusqu'au Nil, à travers le sud du désert de Lybie, suivant un thalweg dont les explorations futures permettront sans doute de retrouver les traces.

Mais si ces explorations futures constataient à l'Est des Pays bas du Tchad l'existence d'une *barrière continue* de plateaux reliant les massifs montagneux de l'Emmedi et du Tibesti, la communication fluviale entre Nil et Tchad ne pourrait être retrouvée que vers les sources du Chari ou de ses affluents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des humates sur les micro-organismes.* Note de M. **E. Kayser**, présentée par M. A. Müntz.

L'influence de l'humus sur la fertilité des terres est bien connue. L'action favorable des extraits de terre, de l'humus et des humates a été déjà signalée par MM. Müntz et Laîné, Karpinsky et Niklewsky, pour les ferments nitreux; par M. Hohl, pour les dénitrificateurs; par MM. Beijerinck, V. Delden, Heinz, Bredemann, Pringsheim, Krzemieniewski, pour les fixateurs d'azote (azotobacters et granulobacters) ; M. H. Christensen l'a fait connaître pour les ferments qui transforment l'urée.

J'ai pensé qu'un des facteurs de propagation de la graisse des cidres pouvait provenir des pommes souillées de terre et mal lavées et j'ai essayé l'influence de l'humate d'AzH^3, obtenu à l'aide de terreau, sur les ferments gras du cidre dont j'ai fait connaître les propriétés ([1]).

Du bouillon peptoné sucré est additionné de 2 pour 1000 d'humate ou laissé sans humate et ensemencé avec les ferments gras.

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, 22 mai 1911.

Proportion centésimale de sucre disparu.

Ferments		*a.*	*b.*	*c.*
Saccharose...	Sans humate.....	34,12	22,86	23,93
	Avec humate.....	47,09	51,09	16,66
Glucose.....	Sans humate.....	7,11	24,57	12,07
	Avec humate.....	12,06	28,58	12,92
Lévulose.....	Sans humate.....	41,93	61,63	10,94
	Avec humate.....	91,62	88,29	30,99

On voit que l'addition d'humate a augmenté la disparition du sucre, sauf, en milieu saccharosé, pour *c*, ferment se distinguant sous bien d'autres rapports; les proportions d'alcool, d'acide lactique, d'acide acétique, de mannite ont été en rapport avec la décomposition du sucre.

Dzierbicki ([1]) a également constaté que l'humus exerce une action favorable sur la multiplication de la levure et la fermentation alcoolique, d'autant plus accentuée que l'ensemencement a été plus faible.

En essayant l'humate à la dose de 2 pour 1000 sur une levure de vin et une levure de cidre, accoutumée ou non au nitrate de manganèse, j'ai trouvé que la race de levure avait une grande importance.

Un moût sucré ($\frac{1}{3}$ glucose, $\frac{2}{3}$ saccharose) azoté est additionné ou non d'humate.

Proportion centésimale (sucre interverti disparu).

	Levure de vin.	Levure de cidre non accoutumée au Mn.	Levure de cidre accoutumée au Mn.
Sans humate..............	73,85	68,11	82,87
Avec humate..............	78,28	69,08	83,40

On voit que l'influence de l'humate sur la levure de cidre est nulle; elle paraît plus sensible sur la levure de vin. On trouve des résultats du même ordre avec les ferments lactiques; en présence d'humate, l'acidité totale est, en général, plus élevée; pour l'acidité volatile, l'inverse peut avoir lieu.

Voici les résultats trouvés avec un ferment lactique n° 1 étudié ailleurs ([2]) :

Proportion centésimale de sucre disparu.

Sans humate.........	14,5	Avec humate........	19,6

([1]) *Bull. intern. de l'Académie Sc. Cracovie*, 1909.

([2]) *Annales Inst. agron.*, 2e série, t. III.

On peut se demander si l'action de l'humate est d'ordre alimentaire (hydrocarboné ou azoté) ou s'il faut la comparer à l'action de certains stimulants des micro-organismes.

Il semble qu'au moins pour les ferments gras du cidre, elle soit alimentaire, car les résultats obtenus sont bien comparables à ceux que j'ai constatés par l'addition aux moûts sucrés de levure morte, apportant des matières azotées assimilables par ces ferments.

BACTÉRIOLOGIE. — *Bactéries dénitrifiantes des lits percolateurs.* Note de M. Lemoigne, présentée par M. E. Roux.

La dénitrification a été souvent signalée parmi les phénomènes qui se produisent dans l'épuration biologique des eaux d'égouts. Mais elle est considérée comme accidentelle : elle résulterait d'une aération défectueuse des lits bactériens. Les microbes réduiraient l'azote nitrique pour utiliser son oxygène. Voir notamment un article de W. Mair dans *The Journal of Hygiene*, 1908.

M. Mazé a démontré, au contraire, que la dénitrification est un processus régulier d'assimilation de l'azote. Les microbes réduisent l'acide nitrique pour mettre en œuvre son azote [1].

J'ai recherché si, dans les lits percolateurs fortement aérés, les microbes dénitrifiants pouvaient jouer un rôle dans l'épuration.

J'ai isolé les bactéries banales d'un lit percolateur. A chaque essai, parmi les microbes dominants, il s'en trouvait en abondance qui détruisaient rapidement l'acide nitrique. Deux espèces très répandues furent particulièrement étudiées.

Bacille a. — Peut être identifié au *B. subtilis*.

Bacille b. — Très voisin du *B. subtilis*. Colonies roses. Les milieux de culture deviennent aussi roses. Ces deux bactéries transforment l'azote nitrique en azote ammoniacal et en azote organique sans production de protoxyde, de bioxyde d'azote ni d'azote libre.

Les résultats suivants se rapportent à une fermentation en milieu minéral, d'une durée de cinq jours et obtenue avec le bacille *a*.

---

(1) Mazé, *Annales de l'Institut Pasteur*, avril 1911.

	Avant fermentation.	Après fermentation.
	mg	mg
Azote dans 50$^{cm^3}$	41,22	41,47
Azote nitrite	41,22	0,00
Azote ammoniacal	0,00	29,33
Azote organique	0,00	12,14

Il y a eu, en outre, abondante formation de gomme et production d'un corps ayant les réactions de l'acétone.

Mais ces microbes ne pourront dénitrifier dans les lits percolateurs qu'autant que la réduction de l'azote nitrique sera possible en présence d'une aération intense. J'ai recherché s'il en était ainsi.

Je citerai quelques-uns des nombreux essais effectués :

1° On ensemence 40$^{cm^3}$ de bouillon à 1 pour 100 de nitrate de soude:

I. Dans des fioles d'Erlenmeyer de 250$^{cm^3}$: large surface d'aération.

II. Dans des tubes à essais : faible surface d'aération.

Dans les fioles I, les microbes *a* et *b* réduisent tout l'acide nitrique en 3 ou 4 jours. Dans les tubes II, la réduction n'est pas terminée au bout d'un mois.

2° On ensemence 20$^{cm^3}$ de bouillon à 0,2 pour 100 de nitrate de soude:

I. Dans des larges tubes maintenus inclinés.

II. Dans des boules où l'on fait le vide avec la trompe à eau.

Après 1 jour les cultures des microbes *a* et *b* dans les tubes I ne contiennent plus d'azote oxydé.

Les cultures en boules (II) en contiennent encore après 8 jours.

3° Du bouillon sucré contenant 0,2 pour 100 de nitrate de soude est mis dans deux pipettes de Roux disposées en U renversé et munies d'une tubulure unique. Une des pipettes est ensemencée. On fait le vide dans l'appareil à l'aide de la trompe à eau. Le microbe se développe et absorbe tout l'oxygène que la trompe n'avait pu entraîner. On renverse un peu de la culture obtenue dans la pipette stérile : on n'observe alors aucun nouveau développement avec les microbes *a* et *b*.

Donc l'aération favorise la dénitrification avec ces bactéries qui, même, ne peuvent utiliser l'oxygène du nitrate pour leur respiration. Aussi ces dénitrifiants, très abondants dans les lits percolateurs où l'aération est intense, y jouent certainement un rôle important.

Si l'on rappelle que des travaux récents ont montré que la nitrification dans les conditions naturelles s'effectue en présence de matières organiques, on doit conclure que les deux phénomènes de nitrification et de dénitrification sont simultanés. Mais la réduction de l'azote nitrique exige la présence de matières organiques; leur définition arrête donc la dénitrification pour

ne laisser subsister que le phénomène inverse qui apparaît alors dans toute son intensité.

Les bactéries analogues au *B. subtilis* sont abondantes dans les lits percolateurs, mais il existe d'autres espèces dénitrifiantes très répandues dans la nature qui donnent lieu à un dégagement d'azote et qui doivent aussi se rencontrer dans les lits percolateurs : elles feront l'objet de nouvelles recherches.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rôle des matières minérales dans la formation de la protéase charbonneuse.* Note de M. **Jean Bielecki**, présentée par M. E. Roux.

La bactéridie charbonneuse se développe dans les solutions d'asparagine (¹) dans l'eau très pure (²), et les cultures ainsi obtenues liquéfient la gélatine solide et dissolvent l'albumine d'œuf coagulée.

En fait de matières minérales, et celles-ci paraissent indispensables à la vie, la bactéridie ne dispose dans ces milieux que de l'ammoniaque qu'elle peut former aux dépens de l'acide aminé. Le rôle des électrolytes dans la protéolyse est indiscutable; dans les cultures en asparagine, ce rôle ne peut être rempli que par les acides organiques ou leurs sels ammoniacaux, voire l'ammoniaque libre, tous produits de la désassimilation microbienne.

De plus, il faut croire que la quantité tout à fait minime de sels qu'on apporte avec la semence est indispensable à assurer le développement. En effet, lorsqu'on prélève une goutte d'une culture en milieu ordinaire (bouillon, solution de peptone) et qu'on la porte dans 5^{cm^3} à 10^{cm^3} de solution pure d'asparagine, le développement se fait normalement. Et, par contre, la même quantité de semence ne donnera rien dans 100^{cm^3} de la même solution. Il y a donc une concentration minimum en sels, autres que ceux de l'ammoniaque, qui est nécessaire. D'ailleurs, la semence prise dans une culture en asparagine pure ne se développe pas dans une pareille solution.

Il faut aussi que les solutions d'asparagine soient suffisamment diluées. Dans les solutions contenant 0,1 mol. gr. au litre (gr. 1,5 pour 100), le développement fait souvent défaut. Ce sont les solutions contenant 0,04 à 0,01 mol. gr. au litre qui donnent un développement normal.

Ces cultures m'ont paru réaliser les conditions de la plus grande simpli-

(¹) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, t. LXX, 1911, p. 100.

(²) Eau de très haute résistance électrique : $K = 1,5.10^{-6}$.

cité pour étudier quelle est l'influence des sels minéraux dans les phénomènes de protéolyse.

J'ai toujours expérimenté comparativement sur des séries de cinq cultures en solution d'asparagine pure, qui servaient de témoins, et sur d'autres séries pareilles, auxquelles on avait ajouté des quantités variées de sels différents. On essayait le pouvoir protéolytique sur des cultures âgées de 3 à 4 jours après les avoir additionnées de quelques gouttes de toluène.

Pour apprécier l'attaque de la diastase sur la gélatine solide (gélatinolyse), je me suis servi de la méthode de M. Malfitano [1]; et pour l'albumine (albuminolyse) j'ai employé une émulsion d'albumine coagulée. On la prépare en chauffant du blanc d'œuf dilué 10 fois que l'on précipite par addition d'acide acétique. Le précipité, centrifugé et lavé à plusieurs reprises, forme dans l'eau une émulsion, dont on introduit un volume connu dans la culture. L'albuminolyse est appréciée par l'éclaircissement du mélange.

Voici les résultats de la gélatinolyse par les cultures en solution d'asparagine pure au titre indiqué (M : 25, M : 50, M : 100, mol. gr. par litre) et par d'autres additionnées d'une goutte de solution normale de sels différents; $Ca(OH)^2$ était employée en solution saturée. Chaque chiffre représente la moyenne des résultats d'une série de cinq cultures et exprime en millimètres la longueur du cylindre de gélatine dissoute dans l'espace de 3 jours et à la température ordinaire.

		Solution additionnée de					
I.	Sol. pure M : 50.	NaCl.	KCl.	NH^4Cl.	$MgCl^2$.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de NaCl.
	6,3	5,4	5,7	5,8	6,0	8,5	7,3

II.	Sol. pure M : 25.	Sol. add. de $CaCl^2$.	Sol. pure M : 50.	Sol. add. de $CaCl^2$.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de $CaCl^2$.
	6,2	10,3	6,8	10,0	2,9	7,0

III.	Sol. pure M : 50.	Sol. add. de K^2HPO^4.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de K^2HPO^4.	Sol. pure M : 50	Sol. add. de NaH^2PO^4.
	10,1	8,3	5,3	3,7	9,2	8,3

IV.	Sol. pure M : 25.	Sol. add. de K^2SO^4.	Sol. pure M : 50	Sol. add. de K^2SO^4.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de K^2SO^4.
	50	4,5	4,4	3,9	1,9	1,4

		Solution additionnée de			
V. *a.*	Sol. pure M : 50.	NaH^2PO^4+NaCl.	$NaH^2PO^4+CaCl^2$.	$NaH^2PO^4+NaCl+CaCl^2$.	$NaCl+CaCl^2$.
	9,2	9,3	8,9	9,3	9,9

b.	Sol. pure M : 25.	Sol. add. de $KH^2PO^4+Ca(OH)^2$.	Sol. pure M : 50.	Sol. add. de $KH^2PO^4+Ca(OH)^2$.	Sol. pure M : 100.	Sol. add. de $KH^2PO^4+Ca(OH)^2$.
	16,6	17,9	12,7	15,4	7,5	16,5

(1) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, 1904, p. 33.

On voit que des bactéridies ayant poussé dans des solutions d'asparagine, additionnées de sels, ont une activité protéolytique sensiblement différente de celle des bactéries poussées dans des solutions pures. Et d'une manière constante, le calcium exalte considérablement le pouvoir gélatinolytique, tandis que les sels de potassium, de sodium, d'ammonium, de magnésium, quel que soit l'acide, le font faiblement diminuer.

Il en est autrement si l'on fait l'essai d'albuminolyse. Alors, les cultures contenant des sels de calcium, auxquelles on avait ajouté l'émulsion d'albumine, ne s'éclaircissent jamais complètement et paraissent de beaucoup moins actives que celles additionnées de sels alcalins.

Si, toutes choses égales, au lieu d'ajouter les sels avant le développement, on les ajoute dans la culture déjà développées en solution pure, l'effet n'est pas le même. Il faut donc admettre que les sels ont un rôle dans la formation de la protéase et n'agissent pas simplement par leur présence pendant la protéolyse.

GÉOLOGIE. — *Influence de la structure anatomique de certains tests fossilisés, sur la production d'une variété nouvelle de silice fibreuse.* Note de M. **Stanislas Meunier**.

Quand on abandonne pendant un temps convenable un fragment de test d'*Ostrea*, d'Inocérame ou d'Ananchyte de la craie blanche dans l'acide chlorhydrique étendu, on voit se signaler peu à peu des pustules translucides à la surface de ces fossiles. En poussant l'expérience jusqu'à ce que toute effervescence ait cessé, c'est-à-dire jusqu'à ce que toute la matière calcaire ait été dissoute, on recueille un résidu dont la proportion varie entre de larges limites et qui, à première vue, paraît présenter toutes les propriétés du quartz. En effet l'analyse chimique y décèle la présence exclusive de la silice et l'absence à peu près complète de l'eau; la densité en est égale à 2,590; le minéral est incolore et transparent; il raye le verre avec facilité.

En s'en tenant à ces caractères, on peut considérer la substance comme étant du quartz et c'est ce que j'ai fait en 1900, en signalant pour la première fois les faits que je viens de résumer (¹). Cette constatation avait une conséquence importante en ce qui concerne l'histoire de la craie. Cette

(¹) *Congrès géologique international : Comptes rendus de la VIIIe Session, en France*, 1 vol. in-8°, p. 621 et suiv. Paris, 1901.

roche, en effet, que sa ressemblance avec la boue à globigérines actuelles a porté à considérer comme un dépôt abyssal, a ensuite été rangée parmi les formations terrigènes à cause de la présence dans sa masse de grains sableux résistant aux réactifs qui la dissolvent. On rétorque maintenant cette opinion, puisque les *grains de sable* se sont en réalité concrétionnés dans les tests fossiles de Mollusques et d'Échinodermes et sont passés dans la roche à la suite de la désagrégation spontanée de ces débris. C'est là un résultat très favorable, en montrant la continuité de la formation crayeuse, à la conception du processus lent et progressif de l'évolution terrestre.

Or, depuis ma première publication, j'ai soumis les grains sableux à un complément d'étude et j'ai reconnu que leur histoire est plus compliquée qu'il ne paraissait d'abord.

Dans un certain nombre de cas, il n'y a rien à ajouter aux observations primitives; par exemple, dans le cas des tests d'*Ostrea columba* de la craie turonienne, c'est bien du quartz hyalin que l'on recueille. On voit même nettement que ce quartz, qui parfois est parfaitement pyramidé, résulte des lentes transformations subies par des concrétions d'abord gélatineuses, réunies ensuite en *orbicules* où la calcédoine est associée au quartz, et enfin granulées en petits cristaux.

Dans d'autres cas au contraire, et spécialement quand il s'agit des Inocérames et des Ananchytes, on s'aperçoit au microscope qu'il ne s'agit pas de quartz proprement dit, mais d'un minéral possédant à la fois la même composition chimique que le cristal de roche et des propriétés optiques différentes des siennes. C'est, à n'en pas douter, un membre de cette intéressante série de substances fibreuses qui comprend la *calcédonite* de M. Lacroix [1], ainsi que la *quartzine* et la *lutécite* de MM. Michel Lévy et Munier-Chalmas [2], et se rapprochant tout spécialement de cette dernière.

J'ai naturellement soumis mes préparations à M. Lacroix et celui-ci a bien voulu m'écrire, à leur sujet, les lignes suivantes, dont je le remercie vivement, comme résumé de ses observations : « Vous pouvez annoncer que votre produit n'est ni de la quartzine ni de la calcédonite, comprise dans le sens adopté t. III, p. 131, de ma *Minéralogie*. *Les fibres sont d'allongement* +, *mais celui-ci se fait obliquement à* n_g. Elles rentrent donc dans la lutécite; mais comme les rosettes sont irrégulières, il n'est pas possible de faire des mesures précises permettant d'assimiler sûrement le minéral avec celui

(1) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 124. Paris, 1901.

(2) *Bulletin de la Société de Minéralogie*, t. XV, p. 159. Paris, 1893.

figuré p. 128. En lumière convergente, on voit deux axes très rapprochés autour d'une bissectrice positive. Les propriétés soulignées constituent la caractéristique de votre minéral ».

D'après les nombreux spécimens que j'ai réunis, on peut conclure que les concrétions siliceuses ne se sont pas produites au hasard dans l'épaisseur des tests fossilisés, mais, au contraire, en des points strictement déterminés par la structure anatomique de ceux-ci. Chez les Oursins, elles affectent une distribution remarquablement symétrique. Il faut en conclure que le milieu organisé leur a procuré les conditions favorables contrastant avec celles qu'a rencontrées la silice au sein de la craie qui s'est transformée en silex dans la cavité des Ananchytes. C'est pour consacrer l'influence de la vie sur cette curieuse production minérale que je propose d'inscrire la nouvelle variété de silice fibreuse sous le nom de *zoésite* qui prendra place à la suite de la *quartzine*, de la *lutécite* et de la *calcédonite*.

GÉOLOGIE. — *Sur l'état d'avancement des travaux du Service géologique de l'Indo-Chine.* Note de M. **Lantenois**, présentée par M. H. Douvillé.

Le Service géologique de l'Indo-Chine, créé en 1898, a été rattaché en 1904 au Service des Mines de la colonie et a utilisé, depuis cette époque, les travaux des géologues du Service géologique, des ingénieurs et contrôleurs des Mines, des officiers du Service géographique ou chargés de missions spéciales et des voyageurs qui ont parcouru l'Indo-Chine, le Yunnan et l'île de Hainan.

Les observations faites et les échantillons méthodiquement recueillis par les officiers du Service géographique et contrôlés, autant que faire s'est pu, par le Service géologique, ont permis de tracer en minutes, sur les cartes régulières topographiques au $\frac{1}{100000}$ du Tonkin et de l'Annam qui ont déjà été levées, les aires approximatives d'extension des différents terrains géologiques facilement reconnaissables à première vue. MM. les capitaines Zeil, Allouchery, Dussault, ont même dressé de véritables cartes géologiques dont une a été éditée, celle de That-Khé (Zeil), et dont deux autres, celles de Yen-Bay et Son-La (Dussault), seront prochainement publiées. Sur ces deux dernières cartes le contour des massifs cristallins a pu être tracé avec précision à l'aide des déterminations pétrographiques faites par M. Deprat, docteur ès sciences, nouvellement attaché au Service.

D'autre part, M. Counillon a étudié les environs de Nong-Son (Annam);

M. de Lamothe, une grande partie du Cambodge et du Laos méridional; M. Zeil, le vaste pays formé par le Laos septentrional et les bassins de la haute Rivière Noire et du haut Song-Ma; M. Mansuy, la région de Luang-Prabang; M. le commandant Montguers, le pays limitrophe du Cambodge et du Siam (nouvelle frontière).

Grâce aux travaux dont on vient de parler, les grands traits de la géologie du nord et une partie du sud de l'Indo-Chine nous sont aujourd'hui assez bien connus.

Au Yunnan, MM. Deprat et Mansuy, géologues du Service, complétant les premiers résultats obtenus par M. Leclère en 1898 et par la mission de M. Lantenois en 1903, ont fait, en 1909-1910, une étude approfondie de tout le territoire qui s'étend, sur 400^{km} Nord-Sud et 100^{km} Est-Ouest, depuis Mong-Tse, au Sud, jusqu'à la boucle du Fleuve Bleu, au Nord.

Une esquisse géologique de la partie nord et centrale de l'île de Hainan a été établie par le Service, d'après les échantillons rapportés par M. Madrolle, géographe.

Les publications officielles du Service consistent, jusqu'à ce jour, dans la Carte géologique de That-Khé, déjà mentionnée, et dans l'importante étude publiée en 1907 sous le titre de *Contribution à la Carte géologique de l'Indo-Chine : Paléontologie*, par H. Mansuy, géologue au Service des Mines de l'Indo-Chine. Le texte est accompagné d'un atlas de 18 planches in-8° figurant les fossiles recueillis en Indo-Chine dans la période 1904-1907 et dont la détermination a été faite par M. Mansuy à l'École des Mines de Paris.

En dehors de cet Ouvrage, différents Recueils ont publié les travaux du Service sous le nom de leurs auteurs.

Un bulletin périodique du Service géologique sera prochainement créé et l'on pense pouvoir publier en 1913 une première esquisse de Carte géologique générale de l'Indo-Chine et du Yunnan oriental.

État actuel de nos connaissances sur la géologie du Yunnan oriental et de l'Indo-Chine. — Les derniers travaux de MM. Deprat et Mansuy ont grandement accru nos connaissances sur la géologie du Yunnan. L'existence d'une magnifique série sédimentaire, avec nombreux horizons fossilifères, depuis le Cambrien inférieur jusqu'au Trias supérieur inclusivement, a pu être établie. Le Lias, le Jurassique et le Crétacé manquent. Le Tertiaire est représenté par des dépôts lacustres.

En Indo-Chine, le Cambrien n'a point encore été positivement reconnu.

La série sédimentaire commence au Silurien moyen; elle est moins complète et moins bien établie qu'au Yunnan. Par contre, elle comprend du Lias, et peut-être, très localement, du Jurassique; le Crétacé manque; le Tertiaire est lacustre.

L'Indo-Chine offre une admirable variété de schistes cristallins et roches cristallines.

Au point de vue des phénomènes de régression et de transgression, deux faits particulièrement intéressants sont à signaler.

Le premier est le mouvement général d'émersion qui s'est produit après le dépôt des calcaires permiens. Il a provoqué une période d'érosion intense et a été suivi par la grande transgression triasique.

Le second est l'extension considérable du « Terrain rouge » qui existe au Tonkin comme formation détritique (avec parfois des plantes rhétiennes) et que M. Zeil a reconnu comme terrain détritique, ou parfois lagunaire, dans tout le Haut-Laos, où il recouvre transgressivement le Trias. Une formation analogue paraît se retrouver le long du Mekhong moyen et dans la plaine siamoise. Elle marquerait, sauf peut-être une exception locale au Tonkin, la fin de la sédimentation marine en Indo-Chine.

Au point de vue tectonique, les travaux récents de M. Deprat ont mis en lumière un effort de plissement intense venant du Szetchouen et qui a refoulé les terrains primaires et secondaires du Yunnan contre le massif primaire et cristallophyllien du Haut-Tonkin. D'une façon générale, en Indo-Chine, les massifs primaires et cristallophylliens semblent avoir formé le *cadre résistant* contre lequel est venu se briser, plus ou moins violemment, l'effort de poussée qui a affecté les terrains secondaires. Cet effort va d'ailleurs en s'affaiblissant du Nord au Sud, depuis le Szetchouen jusqu'au Siam.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le mécanisme des pluies et des orages au Soudan*. Note de M. **Henry Hubert**, présentée par M. le Prince Roland Bonaparte.

On sait qu'en Afrique occidentale, au Nord du 12e parallèle, les pluies viennent généralement de l'Est ([1]). Il y a là une anomalie d'autant plus

([1]) Marc, *Le pays Mossi*, p. 56 et suiv. — Chudeau, *Sahara soudanais*, p. 129 et suiv. — Villatte, *A travers le Sahara* (*La Géographie*, t. XXIII, p. 181).

intéressante que les régions centrales de l'Afrique, à partir de la latitude considérée, sont désertiques.

Les observations que j'ai faites, au cours de deux années de route entre le 8°30′ et le 14°30′ lat. N. permettent d'interpréter cette anomalie, pour laquelle, jusqu'à ce jour, aucune explication n'a été proposée. Afin de leur laisser toute leur valeur, on ne trouvera ici que l'exposition résumée des faits, dégagés de toute idée théorique, et groupés seulement de façon à montrer leur enchaînement.

Dans tous les pays de l'Afrique occidentale compris au moins entre le 8e et le 16e parallèles, un vent d'Est (NE à E), remarquablement sec, souffle à la surface du sol, d'une façon à peu près exclusive, pendant toute la saison sèche. Il occupe une zone qui dépasse certainement 2000^m de hauteur. On lui conservera ici son nom local d'*harmattan*, qui ne préjuge rien quant à son origine.

A partir du printemps, il ne se perçoit plus à la surface du sol, mais il persiste dans la haute atmosphère, comme le prouvent les nuages qu'il véhicule; l'altitude de ses couches les plus basses est généralement d'au moins 1000^m.

La *mousson*, venant du Sud (S à SO), s'établit au printemps et est particulièrement nette au voisinage des côtes [1]. Comme son existence est liée au mouvement apparent du Soleil au-dessus des régions considérées, sa durée et sa force diminuent à mesure qu'on s'élève en latitude. Cependant, au moins jusqu'au 14e parallèle, elle est encore rendue très nette, grâce aux petits cumulus qu'elle entraîne. Ceux-ci se tiennent presque toujours à moins de 800^m de hauteur, ce qui permet d'établir que la mousson souffle dans la zone comprise entre cette altitude et le sol. Ainsi, pendant la saison des pluies, on a deux courants aériens superposés (harmattan et mousson) de direction différente.

La mousson apporte l'humidité atmosphérique. Cela ne résulte pas seulement de sa direction même, mais encore des nuages qu'elle véhicule, et qui n'apparaissent que pendant l'époque où elle souffle. Dans les régions septentrionales, ceux-ci se dissipent et se reforment constamment, mais leur direction et leur altitude prouvent qu'ils demeurent toujours dans le courant de la mousson et, par conséquent, que celle-ci apporte bien de la vapeur d'eau.

Les orages de la région considérée me paraissent résulter du conflit des

(1) H. HUBERT, *Mission scientifique au Dahomey*, p. 45 et suiv.

deux courants aériens. C'est la seule hypothèse que je fasse. A priori, elle est rendue vraisemblable par ce fait que la condensation de la vapeur d'eau est favorisée au contact de deux masses d'air, et que le frottement de deux couches gazeuses en mouvement doit déterminer la production d'électricité.

A l'appui de cette hypothèse, viennent les observations suivantes :

1° Il n'y a jamais d'orage : *a*) en hiver, époque pendant laquelle l'harmattan souffle seul; — *b*) pendant l'hivernage, dans les régions méridionales, lorsque la mousson est nettement établie et qu'elle est parvenue à refouler définitivement l'harmattan.

2° Il y a toujours orage : *a*) exceptionnellement, en hiver, quelques heures après qu'on a constaté à terre le début d'un vent de direction opposée à l'harmattan, celui-ci continuant à souffler en hauteur; — *b*) pendant l'hivernage, dans toute la période où la mousson s'établit aux dépens de l'harmattan et dans celle où elle cesse au profit de celui-ci; — *c*) au cours de ces deux dernières périodes, notamment quand on constate que les couches inférieures de l'harmattan sont basses (quelques centaines de mètres au-dessus du sol).

3° L'orage est toujours interposé entre l'harmattan et la mousson (¹).

L'orage se déplace rapidement vers l'Ouest et réussit toujours à refouler la mousson. Sa direction et sa vitesse de translation s'expliqueraient très bien en faisant intervenir la composition des actions mécaniques des deux courants aériens. On voit que la direction prise est voisine de celle de l'harmattan, certainement plus puissant. Quant à la vitesse, elle a pu être établie entre deux localités de la Boucle du Niger (San et Koury), distantes de 180^{km} et reliées télégraphiquement : elle serait de 60^{km} à 75^{km} à l'heure. En outre, la trajectoire serait sensiblement rectiligne pour les distances observées (150^{km} à 200^{km}), ce qui est la règle, pour les régions soudanaises au moins.

Ainsi, dans le cas des orages, la vapeur d'eau, amenée d'abord du Sud par la mousson, est refoulée vers l'Ouest sous l'influence de l'harmattan et abandonnée, sous forme de pluie, le long de trajectoires grossièrement orientées EO. Par conséquent pour les régions où l'hivernage tout entier sera une période d'orages, les pluies viendront exclusivement de l'Est. Ces régions sont celles, suffisamment septentrionales, où la durée de la mousson est assez courte pour que la période où elle s'établit et celle où elle cesse se rejoignent; ou bien encore, ce qui revient au même, celles où la force de la mousson est amoindrie au point que, n'arrivant pas à refouler

(¹) Tout cela expliquerait pourquoi on n'a jamais observé, du moins pour le Soudan et le Dahomey, que les orages fussent précédés de dépressions barométriques.

définitivement l'harmattan, le conflit des deux courants aériens superposés est en quelque sorte permanent pendant l'hivernage.

Pour les autres régions, plus méridionales, les pluies viendront de l'Est, quand elles seront des pluies d'orage (début et fin de l'hivernage), mais elles viendront du Sud et ne seront jamais accompagnées de phénomènes électriques au milieu de l'hivernage, quand la mousson aura refoulé l'harmattan.

Ces observations s'appliquent certainement à toutes les régions comprises, en longitude, au moins entre Kayes et Zinder, et en latitude, au moins jusqu'au 20° et presque certainement jusqu'au 23e parallèle. Au sud du 8e parallèle, où sans aucun doute les orages sont dûs aux mêmes causes, on n'a que quelques observations pour le Dahomey; ici encore leur direction est très voisine de celle de l'harmattan, dévié vers le Sud-Ouest.

Il y a donc, au point de vue du mécanisme et de la production des pluies, deux zones très nettes à distinguer en Afrique occidentale. Au Nord, une zone où toutes les pluies, *d'orage*, viennent de l'Est; au Sud, une zone où il y a des pluies ordinaires (du Sud) encadrées de deux périodes de pluies d'orage (de l'Est). Pour la Boucle du Niger, la limite commune des deux zones serait comprise entre le 12e et le 13e parallèles.

M. **Albert Pansiot** adresse un Mémoire sur la *Libration longitudinale de la Lune*.

(Renvoi à l'examen de M. Radau.)

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Rapport *de la Commission chargée de proposer, pour l'année* 1911, *la répartition des subventions du* Fonds Bonaparte.

(Cette Commission, qui comprend le prince Roland Bonaparte comme membre de droit, se compose cette année de MM. Armand Gautier, président de l'Académie; Lippmann, Émile Picard, Violle, Haller, Delage, Alfred Picard; Ph. van Tieghem, rapporteur.)

La Commission nommée par l'Académie pour lui faire des propositions de subvention, à attribuer en 1911 sur la quatrième et dernière annuité du Fonds Bonaparte, a eu à examiner, comme l'année dernière, trente-quatre demandes portant sur les sujets et les projets les plus divers et, comme l'année dernière, elle a éprouvé le regret de n'en pouvoir accueillir que onze. Comme l'année dernière aussi, le total de ces onze demandes se trouvait dépasser de beaucoup le chiffre de l'annuité disponible. Mais le prince Roland Bonaparte était là et, très simplement, il nous a, cette fois encore, tirés d'embarras. Renouvelant son geste généreux de l'année dernière, il s'est empressé d'ajouter une somme de 5000^{fr} à son annuité, qui se trouve ainsi portée de nouveau à 30000^{fr}. Aussi votre Rapporteur se fait-il tout d'abord un devoir, et c'est en même temps un plaisir, de renouveler, lui aussi, à notre Confrère, les remercîments de l'Académie.

La Commission vous propose de répartir, comme il suit, cette somme de 30000^{fr} entre les onze bénéficiaires.

1° 4000^{fr} à M. **Hartmann**, lieutenant-colonel d'artillerie en retraite, lauréat de l'Institut, pour lui permettre de poursuivre, dans les conditions qu'il a précisées dans un rapport détaillé présenté à la Commission, l'achèvement de ses recherches expérimentales sur l'élasticité des corps solides. En cours d'exécution au laboratoire de Physique du Collège de France, ces recherches ont pu être menées à bien jusqu'ici à l'aide d'une première subvention de 5000^{fr}, allouée l'année dernière sur le fonds Bonaparte.

2° 3000^{fr} à M. **Alluaud**, voyageur-naturaliste, lauréat de l'Institut. Depuis 27 ans, M. Alluaud a accompli, soit à ses frais, soit avec des missions, toujours insuffisamment subventionnées, du Ministère de l'Instruction publique, de nombreux voyages scientifiques, tous profitables à la Science et qui ont enrichi le Muséum de précieuses collections. La subvention lui permettra d'aller, en 1911 et 1912, compléter ses recherches sur la géologie, la faune et la flore des montagnes à neiges éternelles de l'Afrique équatoriale : le Kilima n'jaro, dont il a fait déjà trois fois l'ascension; le Ruwenzori, qu'il a déjà gravi dans son dernier voyage (1908-1909); et le Kénia, encore très peu connu, dont il se propose d'explorer cette année en détail les régions élevées et les différentes zones. Les résultats de cette nouvelle expédition, joints à ceux des deux précédentes, permettront de faire des études d'ensemble sur la faune et la flore alpines de ces sommets intertropicaux.

3° 3000fr à M. **Barbieri**, docteur en médecine, attaché à divers laboratoires de la Faculté de Médecine de Paris, pour lui permettre de mener à bonne fin les recherches chimiques qu'il poursuit depuis onze ans sur la matière nerveuse et particulièrement sur la substance blanche du cerveau et des nerfs.

4° 3000fr à M. **André Broca**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine, pour faire construire un appareil basé sur les principes énoncés par lui dans deux Notes aux *Comptes rendus* et opérant la mesure des angles géodésiques par la méthode de la répétition de Borda modifiée.

5° 3000fr à M. **Krempf**, zoologiste, qui a déjà exploré pendant cinq années les rivages de l'Indo-Chine, pour lui permettre d'acquérir un matériel complet de scaphandrier, destiné à poursuivre, dans des conditions plus favorables, ses recherches sur la biologie de ces rivages.

6° 3000fr à M. **Sollaud**, agrégé des Sciences naturelles, attaché au laboratoire d'Entomologie du Muséum, qui poursuit un travail d'ensemble sur les Crevettes de la famille des Palémonidés, notamment sur le Bouquet, et qui désire les étudier sur nos côtes dans leurs divers habitats naturels.

7° 3000fr à M. **Topsent**, professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Dijon, pour lui permettre d'entreprendre, dans des conditions favorables, l'étude zoologique des eaux douces de Saint-Jean-de-Losne (Côte-d'Or), en organisant un petit établissement propre à emmagasiner des engins de pêche et des instruments d'investigation rapide et à abriter, au besoin, les travailleurs pendant un certain temps.

8° 2000fr à MM. **Buisson** et **Fabry**, professeurs à la Faculté des Sciences de Marseille, pour l'achat d'appareils destinés à poursuivre leurs recherches sur la répartition de l'énergie dans le spectre solaire, notamment tout le matériel nécessaire aux mesures photométriques et calorifiques, en particulier d'un galvanomètre très sensible, à l'abri des perturbations magnétiques très fortes qui résultent du voisinage des lignes électriques.

9° 2000fr à M. **Gaubert**, assistant de Minéralogie au Muséum, lauréat de l'Institut, pour acquérir les appareils nécessaires à la poursuite de ses travaux sur les cristaux liquides et la cristallogenèse, notamment un microscope polarisant grand modèle, modifié en vue des recherches actuelles et un appareil photographique s'adaptant à ce microscope.

10° 2000^{fr} à M. **Houard**, docteur ès sciences, préparateur de Botanique à la Faculté des Sciences de Paris, lauréat de l'Institut, pour lui permettre d'aller poursuivre en Amérique ses recherches sur les zoocécidies. Ses travaux antérieurs sur les zoocécidies d'Europe ont fait la matière d'un Traité en deux gros volumes, publié récemment, qui est le développement d'un premier Ouvrage écrit en collaboration avec M. G. Darboux, professeur de Zoologie à l'Université de Marseille. Ce Traité, où se trouvent décrites plus de 6000 galles, a été favorablement accueilli par les savants de tous pays et est devenu aussitôt la base des études actuelles sur les galles.

11° 2000^{fr} à M. **Moureu**, professeur à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, pour lui permettre de poursuivre ses études sur les gaz rares et leur diffusion dans la nature. On sait que M. Moureu a déjà établi la présence générale des cinq gaz : hélium, néon, argon, crypton et xénon dans un grand nombre de *gaz spontanés* de sources thermales et que les dosages effectués l'ont conduit à diverses conclusions importantes pour la Géologie et la Physique du globe. Il y aurait intérêt à poursuivre ces recherches sur d'autres mélanges gazeux naturels (grisou, gaz volcaniques, gaz de pétrole, etc.). Il faudrait aussi s'attacher à l'étude, déjà commencée, des rapports existant entre les proportions des divers corps simples dans ces mélanges gazeux. Il y aurait lieu enfin d'entreprendre des déterminations spéciales du crypton et du xénon dans l'atmosphère, où ces deux gaz n'ont encore été dosés que par distillation fractionnée. C'est à la solution de ces nouveaux et importants problèmes que la subvention sera consacrée.

La liste suivante résume ces onze subventions :

1.	M. Hartmann	4000^{fr}
2.	M. Alluaud	3000
3.	M. Barbieri	3000
4.	M. Broca (André)	3000
5.	M. Krempf	3000
6.	M. Sollaud	3000
7.	M. Topsent	3000
8.	MM. Buisson et Fabry	2000
9.	M. Gaubert	2000
10.	M. Houard	2000
11.	M. Moureu	2000
	Total	30000

montant de l'annuité accrue, mise à la disposition de l'Académie pour 1911 par la généreuse initiative de notre Confrère.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

FIN DU TOME CENT-CINQUANTE-DEUXIÈME.